

81/2 10

TURUN TEKNILLINEN OPPILAITOS  
RAKENNUSOSASTO

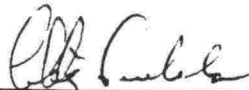
## SRK-LAITTEEN HYVÄKSIKÄYTTÖ TURUN TIEPIIRISSÄ

INSINÖÖRITYÖ

Timo Mannonen

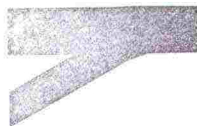
Hyväksytty Turussa 10/12 1992

Insinööritöön valvoja

  
Tekn.lis. Erkki Syvälahti

TURKU 1992

08 TIEL /TUR



**Tielaitos**  
Tiehallituksen kirjasto

Doknro: 930474  
Nidenro: 930627



TIELAITOS  
TURUN TIEPIIRI

# **SRK-LAITTEEN HYVÄKSIKÄYTTÖ TURUN TIEPIIRISSÄ**

INSINÖÖRITYÖ

Timo Mannonen

TURKU 1992

## TIIVISTELMÄ

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää sivurullakulutuslaitteen (SRK) hyöty päällysteitä suunniteltaessa ja valittaessa. Laite on suunniteltu vastaamaan tien nastarengaskulutusta Suomen talvessa. Nastarengaskulutus on deformaation ohella tärkein tien kestoikään vaikuttava tekijä. SRK-laitetta on käytetty Tielaitoksen Turun tiepiirissä vuodesta 1988 lähtien ja tutkimustyö on ollut jatkuvaa, laitteen kehittäjän Valtion Teknillisen Tutkimuslaitoksen (VTT) kanssa.

Tutkimus perustuu aineistoon vuodesta 1988 nykyhetkeen. Koeteinä ovat Vt 1 ja Vt 10, joille on tehty koealueet vuonna 1988, sekä Kt 40, jolle koealue on tehty vuonna 1991. Lisäksi on muita tutkimustuloksia. Tutkimuksen tarkoituksena on osoittaa SRK- ennakkokokeiden kelpoisuus verrattaessa tuloksia todelliseen tiekulumiseen.

Vuonna 1990 ryhdyttiin luottavaisesti vertailemaan eri päällystekiviaineita, koska SRK ennustus ja koealueiden (Vt 1 ja Vt 10) ensimmäisen talven jälkeiset kulumamittaustulokset olivat keskenään yhdenmukaiset. SRK:n avulla on vertailtu useita Turun tiepiirin alueelta saatavissa olevia kiviaineita. Eri ottopaikkojen kivistä tehtiin vakiosuhteutuksilla ns.koemassat. Näistä massoista saaduilla SRK-tuloksilla pyrittiin piirin päällystekiviaines kartoittamaan ja toteamaan kunkin kiviaineen kelpoisuus asfalttipäällysteeseen.

Tutkimus sisältää myös päällysteen kestoian ennustamiseen käytettäviä menetelmiä, kuten diagrammeja sekä kehitysvaiheessa olevan Päällyste-CAD (P-CAD) ohjelman analysointia.

## ABSTRACT

The purpose of this study was to find out the applicability of PWR-tester in the investigations of an asphalt paved road. In this study has been tried to find the connection between wear value and road wear.

The wear test is made with an apparatus where three studied rubber tyres wear the sample cylinder sides. The results is given as wear value, which is volume of the worn rut in  $\text{cm}^3$ .

All the investigations in this study were made by using the pavement slabs, which was compacted with a steel-tired roller with vibration. That method is also available to field and laboratory use.

The study has many different cases, but the most important cases were the highway 1 from Turku to Helsinki and the highway 10 from Turku to Hämeenlinna. On these cases were built the testing areas. The measurements of the testing areas were compared to the results of the PWR-tester. The results will show that the connection between wear value and road wear is rather good.

## ALKUSANAT

Tämä insinöörityö on tehty Tielaitoksen Turun tiepiirille sekä Turun teknillisen oppilaitoksen rakennusosastolle. Työ on tehty Turun tiepiirin keskuslaboratoriossa vuoden 1992 touko- ja marraskuun välisenä aikana.

Oppilaitoksen puolelta työn valvojana toimi rakennusosaston osastonjohtaja tekn. lis. Erkki Syvälahti ja Turun tiepiirin valvojana toimi laadunvalvontayksiköstä geologi Seppo Roos. Heille molemmille esitän parhaat kiitokseni.

Kiitän myös Turun tiepiirin keskuslaboratorion henkilökuntaa ja erityisesti laboratorion päällikköä rak.mest Esko Tirkkosta, joka on avustanut tutkimusaineiston keräämisessä ja vastannut työhön liittyvästä koulutuksesta.

## SISÄLLYSLUETTELO

### TIIVISTELMÄ

### ABSTRACT

### ALKUSANAT

1	JOHDANTO .....	1
1.1	Yleispiirteet .....	1
1.2	Tarkoitus .....	2
1.3	Tutkimusjärjestelyt .....	2
2	KOEKAPPALEIDEN VALMISTUSMENETELMÄT .....	3
2.1	Yleistä .....	3
2.2	Marshall-menetelmä .....	4
2.3	ICT-kiertotiivistyslaite .....	5
2.4	Laboratoriolaatta .....	6
3	LABORATORIOKOKKEET .....	13
3.1	Kulutuskokeet .....	13
3.1.1	SRK-laite .....	14
3.2	Deformaatiokokeet .....	18
3.2.1	Creep-laite .....	20
4	KENTTÄMITTAUKSET .....	22
4.1	Profiilimittaukset .....	23
4.2	Poraukset ja SRK:n käyttö .....	23
5	KOEALUEET .....	24
5.1	Vt 1 .....	24
5.2	Vt 10 .....	31
5.3	Kt 40 .....	35
5.4	Muut kohteet .....	37
5.5	Tutkimusten tarkastelu .....	38
6	PÄÄLLYSTEKIVIAINEIDEN SRK-PERUSTEINEN VERTAILU .....	38
6.1	Koemassat ja SRK-tulokset .....	39
7	ENNUSTETTAVUUS .....	41
7.1	Päällyste-cad(P-CAD) .....	41
7.1.1	Periaate .....	41
7.1.2	Tulokset .....	42
7.2	Asfalttipäällysteen vuosikustannusdiagrammi .....	43
7.2.1	SPS-luvun laskeminen .....	44

7.2.2 SPS-luvun ja SRK:n välinen riippuvuus .....	44
7.2.3 Diagrammin tulkinta .....	44
8 TULOSTEN TARKASTELU .....	44
8.1 Menetelmien luotettavuus .....	44
9 JOHTOPÄÄTÖKSET .....	45
10 MENETELMIEN KEHITTÄMINEN .....	47
11 LÄHDELUETTELO .....	49
12 LIITELUETTELO .....	51
LIITTEET	



## 1 JOHDANTO

### 1.1 Yleispiirteet

Asfalttipäällysteen pitää olla vuosikustannukseltaan mahdollisimman edullinen. Kustannuksen merkittävin tekijä on päällysteen kestoikä. Mitä kauemmin päällyste kestää sitä edullisemmaksi se tulee vuosikustannukseltaan. Kestoikä määräytyy usein päällysteen urautumisen perusteella, joten kullekin tieluokalle annettu maksimiurasyvyys määrää päällysteen päällystysvälin, mikäli tierakenteen muut osat ovat kunnossa. Uraisyvyyteen vaikuttavat deformaatio, kulutuskestävyys sekä alustan painuminen. Deformoituminen riippuu suhteutuksesta ja edelleen mm. kiviaineksen muotoarvosta. Kulutuskestävyyteen vaikuttavat mm. kiviaineksen laatu sekä myös suhteutus. Pohjan painumisen aiheuttama deformaatio voi johtua monesta eri syystä ja siihen ei tässä tutkimuksessa tarkemmin puututa.

Pieniin muodonmuutoksiin eli vähäiseen deformatumiseen sekä hyvään kulutuskestävyyteen päästään, kun käytössä ovat sekä hyvät ennakkotutkimusmenetelmät ja laitteet että riittävästi tutkittua ja kokemusperäistä tietoa. Ammattitaito ja huolellisuus lisäävät ennakkokokeiden luotettavuutta niin laboratoriossa kuin tielläkin.

Tässä tutkimuksessa on verrattu sivurullakulutuslaitteella (SRK) tehtyjä päällystekulutuskokeita ja niiden perusteella laskettuja päällysteen kestoian ennusteita kenttämittauksiin. Vertailu on suoritettu diagrammeihin ja tuloksia on verrattu myös Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen (VTT) kehittämään päällyste-cad (P-CAD) tietokoneohjelmaan.

Kaikki tutkimuksen ennakkokokeet on tehty Tielaitoksen Turun piirin keskuslaboratoriossa vuosina 1988-1992.

## 1.2 Tarkoitus

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää SRK-laitteen hyväksikäyttömahdollisuuksia tiepiiritasolla. Tutkimus on myös kooste tiedoista, joita SRK:sta ja sen tuloksista on Turun tiepiirissä saatu vuodesta 1988 lähtien. Näiden tulosten avulla pyrittiin ennakoimaan SRK:n hyöty nyt ja tulevaisuudessa. Tutkimus tuleekin osoittamaan, että SRK on ja tulee olemaan merkittävä apuväline päällysteitä suunniteltaessa ja valittaessa.

## 1.3 Tutkimusjärjestelyt

Selvitystä varten tehtiin erilaisia laboratoriotöitä ja laskelmia. Pääosin laskelmat ja menetelmät ovat kuitenkin Turun tiepiirin keskuslaboratorion päällikön rak.mest. Esko Tirkkosen kehittämiä. Tirkkonen on vuodesta 1988 lähtien seurannut silloin rakennettujen koeteiden kehitystä ja pyrkinyt tutkimustulosten perusteella kehittämään uusia ja parempia tutkimusmenetelmiä asfalttipäällysteiden parantamiseksi. Tässä tutkimuksessa kootaan Tirkkosen keräämät tiedot yhteen ja täydennetään niitä eräillä uusilla menetelmillä.

Tutkimuksessa testattiin kesän 1992 aikana P-CAD ohjelmaa, jota ei aiemmin Turun tiepiirissä ole käytetty. Testauksesta saatuja tuloksia verrattiin Tirkkosen kehittamiin SRK-ennustemalleihin. Tutkimuksen aikana saatiin myös täysin uusia kenttämittaustuloksia, jotka käytettiin tutkimuksessa hyödyksi.



Kaikki tutkimuksen ennakkokokeet on tehty Tielaituksen Turun piirin keskuslaboratoriossa vuosina 1988-1992.

## 1.2 Tarkoitus

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää SRK-laitteen hyväksikäyttömahdollisuuksia tiepiiritasolla. Tutkimus on myös kooste tiedoista, joita SRK:sta ja sen tuloksista on Turun tiepiirissä saatu vuodesta 1988 lähtien. Näiden tulosten avulla pyrittiin ennakoimaan SRK:n hyöty nyt ja tulevaisuudessa. Tutkimus tuleekin osoittamaan, että SRK on ja tulee olemaan merkittävä apuväline päällysteitä suunniteltaessa ja valittaessa.

## 1.3 Tutkimusjärjestelyt

Selvitystä varten tehtiin erilaisia laboratoriotöitä ja laskelmia. Pääosin laskelmat ja menetelmät ovat kuitenkin Turun tiepiirin keskuslaboratorion päällikön rak.mest. Esko Tirkkosen kehittämiä. Tirkkonen on vuodesta 1988 lähtien seurannut silloin rakennettujen koeteiden kehitystä ja pyrkinyt tutkimustulosten perusteella kehittämään uusia ja parempia tutkimusmenetelmiä asfalttipäällysteiden parantamiseksi. Tässä tutkimuksessa kootaan Tirkkosen keräämät tiedot yhteen ja täydennetään niitä eräillä uusilla menetelmillä.

Tutkimuksessa testattiin kesän 1992 aikana P-CAD ohjelmaa, jota ei aiemmin Turun tiepiirissä ole käytetty. Testauksesta saatuja tuloksia verrattiin Tirkkosen kehittamiin SRK-ennustemalleihin. Tutkimuksen aikana saatiin myös täysin uusia kenttämittaustuloksia, jotka käytettiin tutkimuksessa hyödyksi.

## 2 KOEKAPPALEIDEN VALMISTUSMENETELMÄT

### 2.1 Yleistä

Koekappaleita valmistetaan kulutuskokeita ja muodonmuutuskokeita varten. Niistä voidaan eri menetelmillä tutkia myös massan koostumus. Koekappaleita voidaan valmistaa asfalttimassasta monella eri menetelmällä. Kaikissa menetelmissä massa voidaan hakea asfalttiasemalta tai tehdä se laboratoriosekoittajalla (kuva 1).



Kuva 1. Asfalttimassan laboratoriosekoitin.

Koekappaleiden valmistusmenetelmiä ovat:

- Marshall
- IC-testeri (ICT)
- Laboratoriolaatta

Valmistusmenetelmiä on toki muitakin, kuten VTT:n laboratorioon suunniteltu valssijyrä, mutta edellä mainitut ovat sellaisia, jotka on mahdollista tehdä Turun tiepiirin keskuslaboratoriossa. Tutkimuksessa käytettiin ainoastaan laboratoriolaatasta tehtyjä koekappaleita, mutta koska Marshall ja ICT ovat kansainvälisiä standardoituja menetelmiä /10/, on syytä kuvailla myös näitä menetelmiä. VTT:n valssijyrään palataan tutkimuksessa myöhemmin. Menetelmien kuvauksesta selviää myös se, miksi on alettu käyttää juuri laboratoriolaatasta porattavia koekappaleita.

## 2.2 Marshall-menetelmä

Marshall-menetelmä on ollut Suomessa ja maailmalla yleisin käytetty tiivistysmenetelmä. Sitä kohtaan on esitetty paljon kritiikkiä sen yksiaksiaalisen ja todellisuuden kanssa melkoisesti ristiriidassa olevan tiivistystapansa vuoksi, mutta yksinkertaisuutensa, nopeutensa ja standardisointinsa vuoksi sitä käytetään vielä melko paljon suhteistuneissa asfalttibetonimassoissa /1/.

Menetelmän periaatteena on tiivistää näyte muotissa, antamalla sille vasaralla tiivistysiskuja, ensin näytteen toiseen päähän ja sitten toiseen. Näytteen halkaisija on 100 mm ja korkeudeksi pyritään saamaan 63,5 mm. Menetelmästä on tehty menetelmäohje, josta on luettavissa tarkat mitat ja työn kulku /2/.



Marshall-menetelmän heikkoutena voidaan pitää sitä, että se ei sovellu karkeille massoille, koska koetulosten suuri hajonta aiheuttaa epävarmuutta tulosten tulkinnessa. Toinen heikkous on siinä, että tiivistystapa ei vastaa riittävän hyvin tietiivistystä. (henk.koht.tiedonanto E.Tirkkonen 1992).

### 2.3 ICT-kiertotiivistyslaite

ICT (Intensive Compaction Testing) on alunperin kehitetty betonimassoille, mutta sitä on käytetty myös asfalttipäällysteiden tiivistämiseen. Sillä tehtävän koekappaleen halkaisija on Turun tiepiirissä 100 mm ja korkeus 100 mm. On olemassa myös laitteita, jossa koekappaleen mitat ovat erilaiset /10/.

Massanäytettä puristetaan muotissa pohjan ja kannen välissä. Pohja ja kansi ovat keskenään samansuuntaisia, mutta niiden ja muotin välinen kulma muuttuu kiertävän liikkeen mukaan. Kiertonopeus on säädettävissä 40-160 kierrokseen minuutissa. Puristava voima on säädettävissä välille 200-600 kPa. /3/.

ICT vastaa tietiivistystä Marshall-menetelmää paremmin, koska ICT:ssä paine ja kiertonopeus voidaan teoriassa säätää vastaamaan tiellä tapahtuvan jyräyksen voimakkuutta. Jos osassa tutkimusta käytetään voimakkaampaa tiivistystä, saadaan tietoja massan käyttäytymisestä liikenteen alaisena. /4/.

ICT:n ongelmana voidaan pitää sitä, ettei sekään sovellu karkeille massoille riittävän hyvin. Työn aikana tuli myös ilmi, että ongelmaksi muodostuu myös näytteen lajittuminen. ICT pyrkii hiertävän liikkeensä vuoksi sullomaan mastiksen (sideaine+hienoaaines) muotin reunoille.

Tutkimuksessa todettiin, että mikäli koekappale ei ole homogeeninen, antaa erityisesti SRK-laite harhaanjohtavan tuloksen.

## 2.4 Laboratoriolaatta

Kuten jo edellä todettiin laboratoriolaatta on tutkimuksessa käytetty menetelmä, jolla Turun keskuslaboratoriossa koekappaleita tehtiin. Se todettiin nopeimmaksi ja luonnonmukaisimmaksi menetelmäksi valmistaa koekappaleita. Sen etuihin kuuluu, että laatta voidaan tehdä laboratoriossa, mutta välineet ovat helposti siirrettävissä myös massa-asemalle ja työmaalle. Laatta voidaan tehdä kaikista massoista, myös karkeista (henk.koht.tiedonanto E.Tirkkonen) ja siitä saadaan samalla kertaa riittävä määrä koekappaleita sekä SRK- että Creep-kokeita varten. Laatan teko vaatii toisaalta enemmän kokemusta kuin Marshall ja ICT, mutta itse suorituksena se ei ole vaikeampi. Laatassa massan käyttäytymistä on myös helpompi seurata, kuin muissa menetelmissä.

Laatta tehdään muottivanerista tehtyyn muottiin, jonka sisämitat ovat joko 470\*405 mm tai 380\*270 mm (kuva 2). Suuremmasta laatikosta saadaan porattua 12 ja pienemmästä kuusi koekappaletta. Korkeuden täytyy olla noin 80 mm.

Mikäli laatta tehdään laboratoriossa, vaatii se paljon ennakkovalmisteluja. Laatta pyritään tekemään mahdollisimman "luonnonmukaisella" tavalla. Laboratoriossa valmistettava massa vaatii kaikki samat vaiheet kuin massa-asemalla valmistettava massa. Kuten massa-asemallakin, on kiviaines ja sideaine kuumennettava oikeaan lämpötilaan. Laboratoriossa kuumentaminen tehdään uunissa. Oikea lämpötila valitaan taulukon 1 ohjeiden mukaan. Tärkeää on, että kiviaines ja sideaine on juuri oikean lämpöistä, jotta

sekoituslämpötila olisi oikea. Sekoituslämpötila on va-  
paasti säädettävissä asfaltinsekoittimessa ja se valitaan  
sideaineen perusteella. Sekoituslämpötila vaihtelee hieman  
eri sideaineiden kesken (taulukko 1).

Taulukko 1. Massan sallitut sekoituslämpötilat. /11/.

Sideaine	Suositeltava sekoituslämpötila			Sallittu lämpöti- la-alue
	B-bitumi	ECO-bitumi	ARC-bitumi	
Bitumit				
Tunkeuma 65	160			+15
Tunkeuma 80	155	150		-"
Tunkeuma 120	150	145	145	"
Tunkeuma 200	145	140	140	"
Kumibitumi		185		+10

Kun aineet ovat riittävän kuumia ja sekoituslämpötila  
oikea, laitetaan aineet sekoittimeen. Kiviaines lisätään  
karkeimmasta hienoimpaan, syöttäen samalla sideainetta.  
Määrät on punnittu etukäteen. Sekoitusaikaa ei voida tar-  
kasti sanoa, vaan se vaihtelee eri massoilla. Voidaankin  
sanoa, että kokemus ja silmämääräinen tarkastelu määräävät  
sekoitusajan.

Kun massa on riittävän kauan sekoittunut, otetaan se pie-  
nissä erissä sekoittajasta ja laitetaan em. muottiin.  
On tärkeää, että massaa ei oteta laatikkoon kerralla,  
koska silloin massa saattaa lajittua.

Kun kaikki massa on laatikossa, tasataan pinta suoraksi.  
Massaa ei saa lisätä pinnan tasauksen jälkeen, koska täl-  
löin laatasta ei tule homogeeninen.





Kuva 2. Laboratoriolaatta muotissaan.



Kuva 3. Laboratoriojyrä.

Laatan tiivistys tehdään pienellä työnnettävällä valssijyrällä, jossa on myös täry (kuva 3). Jyrän ylityskerrat määräytyvät massatyypin mukaan. Jyrättäessä tarkkaillaan massan käyttäytymistä ja jyräys lopetetaan, kun massa on tiivistynyt vaiheeseen, jossa sideaine juuri ja juuri tulee laatan pinnan tuntumaan. Tehdyissä tutkimuksissa laatta myös jälkijyrättiin, kun laatta oli riittävästi jäähtynyt (ei välttämätöntä).

Liiallista jyräystä on syytä välttää, koska silloin on vaarana, että massan sideaine tulee liiaksi laatan pintaan. Tällöin laatan tyhjätilaprosentti ei vastaa todellisuutta. Pitää tietenkin varmistaa, että jyräys ei ole liian vähäistä, koska silloin tyhjätilaprosentti jää liian suureksi.

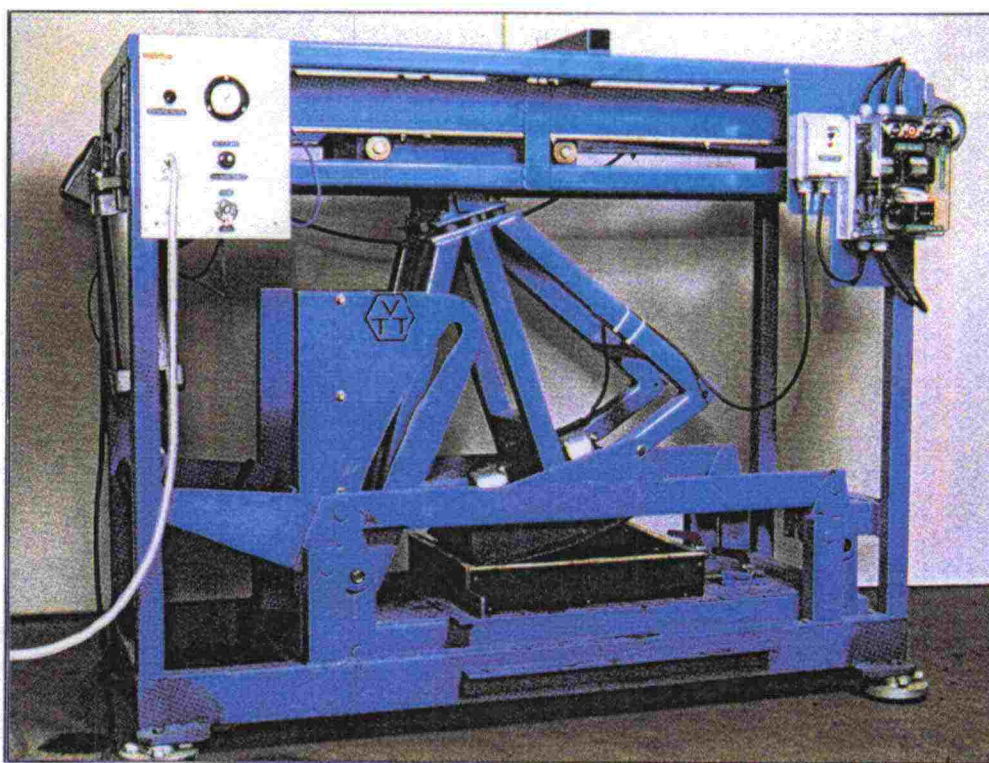
Tiivistys niin laatassa kuin tielläkin on tärkeä osa päällysteen onnistumista. Niinpä taito tiivistää oikein ja riittävästi onkin osoitus ammattitaidosta, kokemuksesta ja huolellisuudesta.

Laatan tiivistäminen voidaan tehdä myös "keinuvalla" valssijyrällä (kuva 4), jonka VTT on kehittänyt. Menetelmän hyvänä puolena voidaan pitää sitä, että jyräys voidaan vakioda eli jyräyksen toistettavuus on hyvä. Tarkka vakiointi ja säädettävyyys ovat välttämättömiä tehtäessä tarkkoja tutkimuksia. Jyrän tiivistyspaine ja -aika voidaan asettaa sopivaksi kullekin massalle, joten teoriassa samalla suhteutuksella tehtyjen laattojen pitäisi olla keskenään samanlaisia. Laitteen ainoa haittapuoli on sen huono liikuteltavuus, joten se ei sovellu maastokäyttöön. Tällä hetkellä laite on vain VTT:n tutkimuslaboratoriossa.

Kun laatta on valmis, annetaan sen jäähtyä ja kovettua riittävän kauan. Koekappaleet voidaan porata aikaisintaan vuorokauden kuluttua laatan teosta. Poraus tehdään pylväs-



porakoneella (kuva 5). Poran toimintaperiaate on samanlainen kuin poran, jolla porataan näytteitä tieltä. Timanttiterän sisähalkaisija on 100 mm ja pyörimisnopeus on vapaasti säädettävissä. Koekappaleet (6 tai 12 kpl) porataan laattaan vierekkäin kohtisuorasti poraustasoon nähden. Tämän jälkeen porausjäte poistetaan vedellä huuhtoen. Laatta kuivataan ja koekappaleet numeroidaan. Numeroinnissa on syytä käyttää loogista ja laattojen kesken yhdenmukaista järjestystä. Koekappaleet voidaan numeroinnin jälkeen irrottaa muotista sahattavaksi.



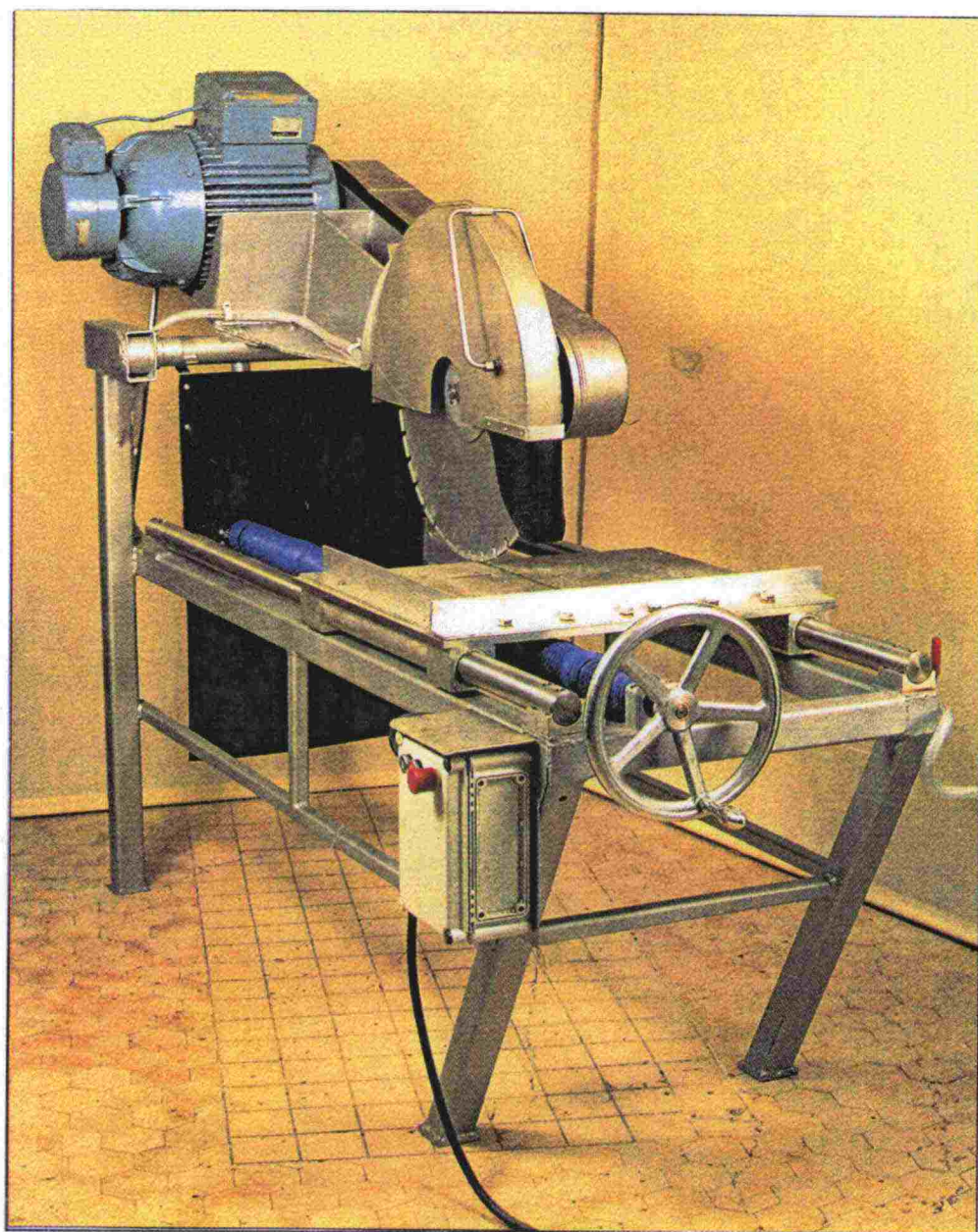
Kuva 4. VTT:n valssijyvä.



Kuva 5. Pylväsporakone.

Sekä kulutuskoetta että deformaatiokoetta varten koekappaleet on sahattava oikean korkuisiksi. Sahaus tehdään tarkkuussahalla (kuva 6). SRK-koekappaleen korkeus on vähintään 43 mm ja Creep-kappaleen korkeus on 60 mm. Koelieriöitä sahataan vähintään kolme (3) kappaletta sekä SRK:ta että Creep-koetta varten. Loput lieriöt jäävät varalle mahdollisia myöhempiä tutkimuksia varten.





Kuva 6. Tarkkuussaha asfalttinäytteiden viimeistelyyn.

### 3 LABORATORIOKOKKEET

Vaikka tämän työn tarkoituksena on selvittää SRK-laitteen hyväksikäyttöä, ei sitä voida käsitellä irrallisena ko-keena. Tiekulumista tapahtuu pääasiassa talvella, mutta tutkimuksissa on havaittu, että kesällä tapahtuvat muodonmuutokset raskaan ja hitaahkon liikenteen aiheuttamina ovat yhtä kohtalokkaita tien kestoiän kannalta. Suomessa maantien urautuminen johtuu 80 %:sti nastakulumasta ja 20 %:sti deformatumisesta sekä mahdollisesta jälkitiivis-tymisestä /12/. Näin ollen laboratoriokokeissakin kulutus- ja muodonmuutoskokeet kulkevat käsi kädessä. Tutkimukset tehdään erillisinä, mutta lopputulokset on koottava yhte-näiseksi kokonaisuudeksi.

#### 3.1 Kulutuskokeet

Kulutuskokeilla pyritään löytämään kulumisarvon ja tieku-lumisen välinen yhteys. Kulutuskokeita voidaan tehdä Trö-ger-laitteella tai SRK-laitteella. Kummassakin menetelmäs-sä kokeen tulos ilmoitetaan poiskuluneen aineksen tilavuu-tena ( $\text{cm}^3$ ).

Tässä tutkimuksessa ei käytetty Tröger-laitetta. Vertailun vuoksi kerrottakoon kuitenkin, että Tröger kuluttaa koe-lieriötä ylhäältäpäin, hakkaamalla kovametallineuloja näytteen pintaan, jolloin näytteeseen kohdistuu sekä isku- ja että raapaisuja. SRK-laite, kuten myöhemmin paremmin selviää, kuluttaa koelieriota sivustapäin nastarenkailla.

Kulutuskokeiden tavoitteena on ollut löytää mittaus-menetelmä, jota voitaisiin käyttää asfalttipäällysteen suhteutuksessa, säädeltäessä asfalttimassan komponentteja ja jonka kulumatulokset olisi nopeasti saatavissa /5/. Nämä edellytykset SRK-laite täyttää hyvin.



### 3.1.1 SRK-laite

Laite on tarkoitettu lähinnä asfalttimassasta valmistettujen päällystenäytteiden kulutuskestävyyden tutkimiseen. Sillä voidaan tutkia myös betonista valmistettuja koekappaleita, kiinteitä kivistä kairattuja näytteitä sekä vallettuja koelieriöitä esim. ajoratamerkintämassoja eri koeolosuhteissa. Lämpötilaa voidaan vaihdella -20 °C:sta huoneenlämpöön ja kulutuskestävyys voidaan testata kuivana tai märkänä. /6/.

SRK-laite jäljittelee melko hyvin nastarengasliikenteen kulutusta. Se koostuu kolmesta 90 mm halkaisijaltaan olevasta renkaasta, joissa kussakin on 30 kappaletta Kometta P8 100 NR nastoja. Renkaiden leveys on 25 mm. Nastoitettut pyörät pyörivät paikallaan pysyvän koelieriön kehällä, kuluttaen sen sivupintaa. Yksi pyöristä on pyörimissuunnan suuntainen ja kaksi muuta 5° tästä suunnasta eri suuntiin poikkeavia. (kuva 7). Pyörimisnopeus on noin 520 rpm, mikä normaalilla auton renkaalla vastaa nopeutta 60 km/h. /5/. Jotta näyte ei kuluisi aivan samasta kohdasta koko ajan, liikuttaa epäkeskomoottori pyöriä 5 mm ylös-alas-suunnassa, vastaten paremmin nastarengaskulutusta tiellä. Näyte ja pyörimiskoneisto ovat eristetyssä kaapissa (kuva 8), jonka lämpötilaa voidaan säätää. Kaapissa on myös suutin, joka ruiskuttaa nestettä kulumisuraan. /6/. Tässä tutkimuksessa käytettiin pelkkää vettä, jonka lämpötila oli +5 °C ja määrä 60 l/h. Myöhemmin selvitetään suolan ja veden lämpötilavaihteluiden vaikutusta kulumiseen.

Ennen kulutuskoetta koekappale liimataan teräsjalustaan. Liimaus tehdään pikaepoksi kaksikomponenttiliimalla. Jalustoja on eri korkuisia, joten näytettä sahattaessa on otettava huomioon jalustan korkeus. Näytteen minimikorkeus on noin 43 mm. Näyte ei voi olla matalampi, koska silloin on vaarana, että näytteen yläreunasta lohkeaa paloja ja

tällöin kulutuskokeen tulos on virheellinen. Liiman kuivuttua (noin 10 min) näyte punnitaan jalustoineen ilmassa ja vedessä. Tämän jälkeen näyte on laitettava vähintään kahdeksi tunniksi SRK-kaappiin, jotta näyte jäähtyy em. +5 °C:seen.

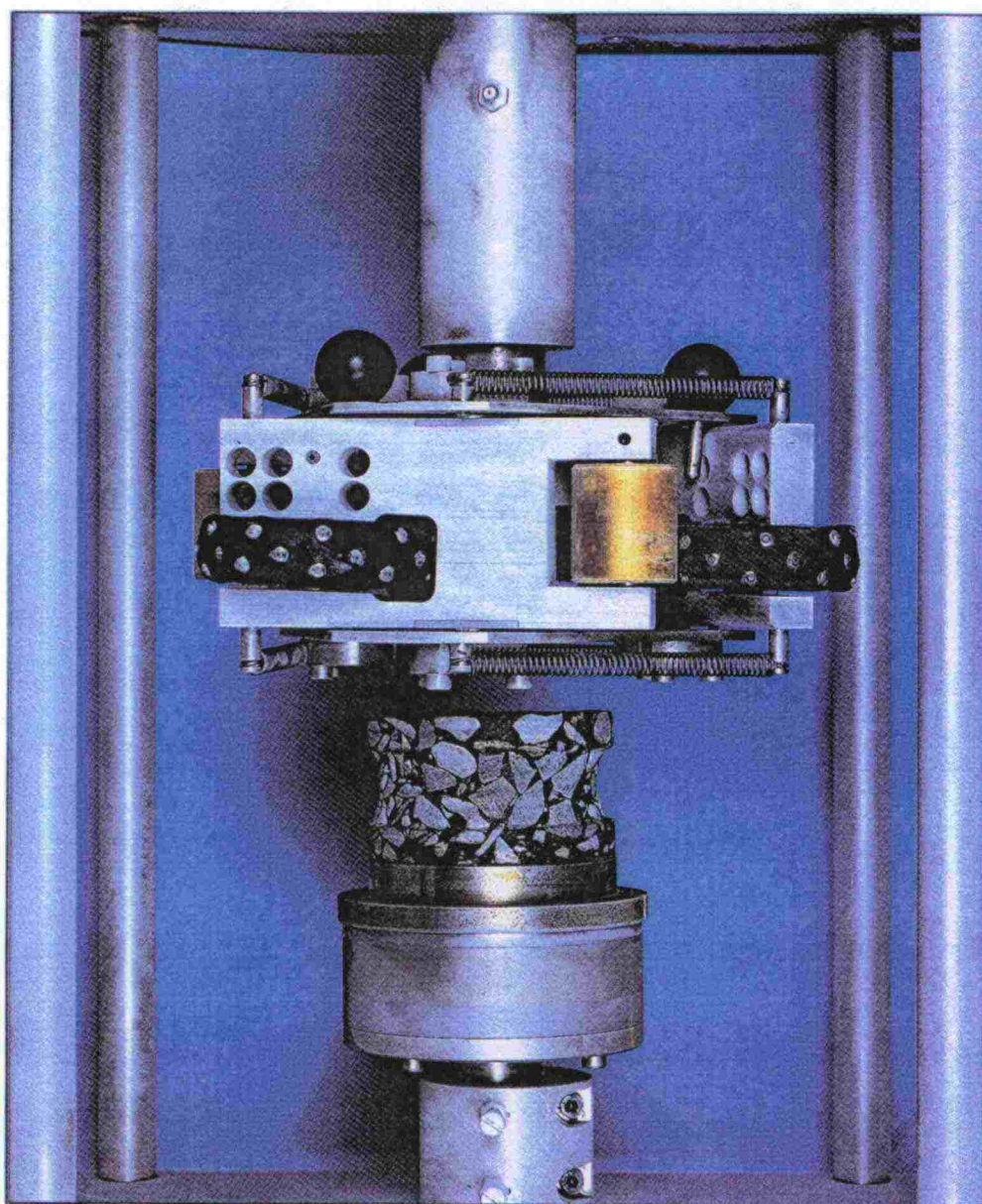
Näytteen jäähtyttyä se asennetaan paikalleen. Teräsjalusta kiinnittyy sähkömagneettisesti magneettipöydälle. Näyte nostetaan nastarenkaiden keskelle ja lukitaan. Suljetaan kaappi ja avataan vesihana sekä tarkistetaan veden ja kaapin lämpötila.

Laitteessa on ajastin ja kierroslaskin. Kulutuskokeen vakioitu kierrosmäärä on 62400 kierrosta, jonka on laskettu kestävän kaksi tuntia. Ajastin on säädetty kahteen tuntiin ja kahteen minuuttiin (2.02 h), mikä pysäyttää laitteen vaikkei kierrosmäärä olisikaan täyttynyt. Laite täytyy kesken kokeenkin muutaman kerran pysäyttää ja tarkistaa, että näyte ja laitteisto, lähinnä pyörien kiinnitysjouset ovat kunnossa. Näihin toimenpiteisiin on varattu em. ylimääräinen kaksi minuuttia.

Kun laite on pysähtynyt, näyte poistetaan laitteesta. Kuivataan ja punnitaan näyte jalustoineen sekä ilmassa että vedessä. Kokonaiskuluma lasketaan ennen ja jälkeen koetta tehtyjen punnitusten erotuksena. Tyypillinen kulutettu näyte on esitetty kuvassa 9.

Koekappaleita ajetaan SRK:lla vähintään kolme kappaletta jokaisesta laatasta. Tuloksista lasketaan keskihajonta, jonka tulisi olla  $\leq 10$  % keskiarvosta, jotta laatta voidaan todeta onnistuneeksi ja vertailukelpoiseksi. Mikäli hajonta on suurempi, on syytä ajaa yksi tai useampi varakappale, jotta tuloksille saadaan parempi varmuus.





Kuva 7. SRK:n koneisto ja paikalleen asennettu näyte.



Kuva 8. Sivurullakulutuslaite.



Koelieriön irrotus teräsjalustasta onnistuu parhaiten, kun se laitetaan joksikin aikaa pakastimeen. Kun lieriö on kylmä, se ei murru ja irrotus jalustasta voidaan tehdä puristimella. Näytteet voidaan säilyttää myöhempää tarkastelua varten.



Kuva 9. SRK:lla kulutettu näyte (betoni).

### 3.2 Deformaatiokokeet

Deformaatio- eli muodonmuutoskokeilla mitataan koekappaleen muodonmuutosta ajan funktiona. Kokeissa tutkitaan mitkä tekijät vaikuttavat päällysteen deformatumiseen ja kuinka paljon. Muodonmuutoskestävyyttä voidaan tutkia Creep-, Marshall- ja urittumislaitteella. Tässä tutkimuksessa on ainoastaan Creep-kokeella saatuja tuloksia, mutta

menetelmien vertaamiseksi selvitetään Marshall-puristimesta ja urittumislaitteesta pääperiaatteet.

Marshall-koe on yleisin käytetyistä menetelmistä ja se voidaan tehdä esimerkiksi Tiehallituksen päällystelaboratoriossa Pasilassa.

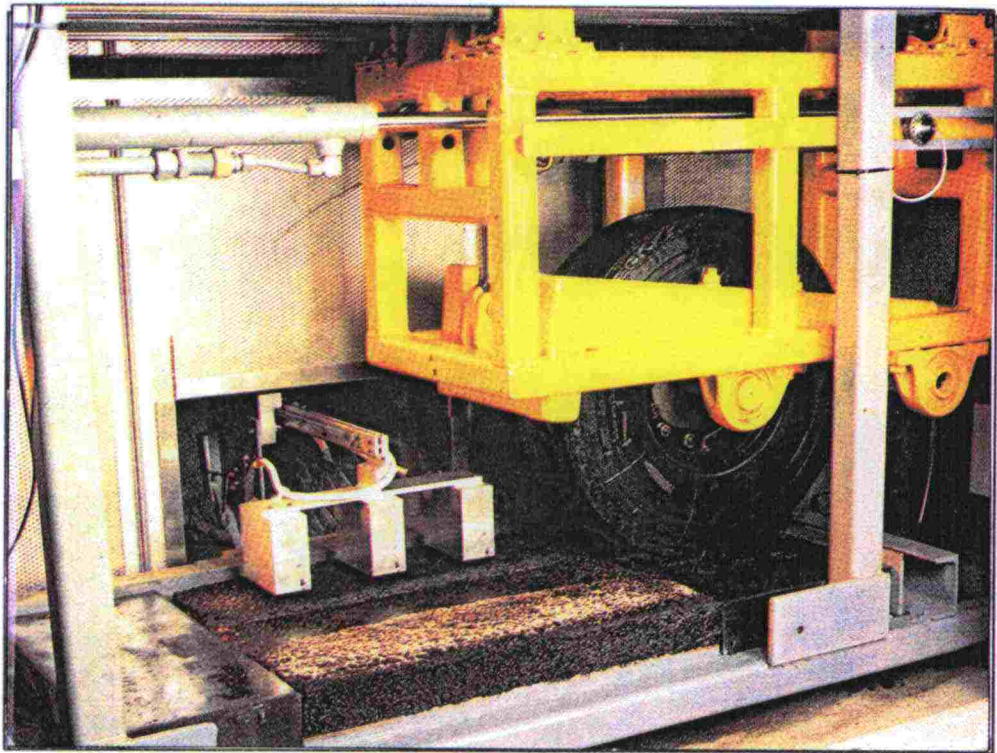
Kokeessa porakappaletta puristetaan vastakkaisilta sivupinnoilta sylinterisegmentin muotoisilla koetuspäillä. Kokeessa havaitaan puristusta vastustavan voiman ensimmäinen maksimiarvo kilonewtoneina sekä porakappaleen kokoonpuristuma millimetrin kymmenosina maksimivoiman havaitsemishetkellä 1. /7/. Marshall-kokeessa koekappaleen korkeudella ei ole vaikutusta tulokseen, koska tulos korjataan korkeuden korjauskertoimella. Normaalikoekappaleen korkeus on 63,5 mm.

Urittumislaitte on uusi VTT:n kehittämä muodonmuutoksen mittauslaite (kuva 10). Kuten nimikin kertoo, sillä tutkitaan urautumista. Se eroaa muista deformaatiokokeista siten, että siinä ei käytetä koekappaletta vaan kokonaista laboratoriolaattaa. Laatan yli ajetaan kumipyörällä, jonka koko on 6,00 - R 9 ja rengaspaine kuormituksen mukainen. Kuormituksena voidaan käyttää 7 kN - 25 kN. Tulokseksi saadaan, joko poikkileikkauksen muodonmuutos tai yleisemmin painuman kehittyminen 0-tasoon verrattuna ylityskerran funktiona. Päällysteen pinnan muodonmuutosta seurataan laser-mittalaitteen avulla määrävälein kolmesta poikkileikkauksesta. Tulokset tallentuvat tietokoneen muistiin. /12/.

Kuten muissakin menetelmissä laitetta hyväksi käyttäen voidaan laboratorio-olosuhteissa saada jo etukäteen tietoa esim. uusien massatyyppeiden deformaatioherkkyydestä, aivan kuten SRK-laitteella saadaan tietoa kulutuskestävyydestä.



Tietoa voidaan käyttää hyväksi kehitettäessä uusia ja entistä deformaatiokestävämpiä päällysteitä.



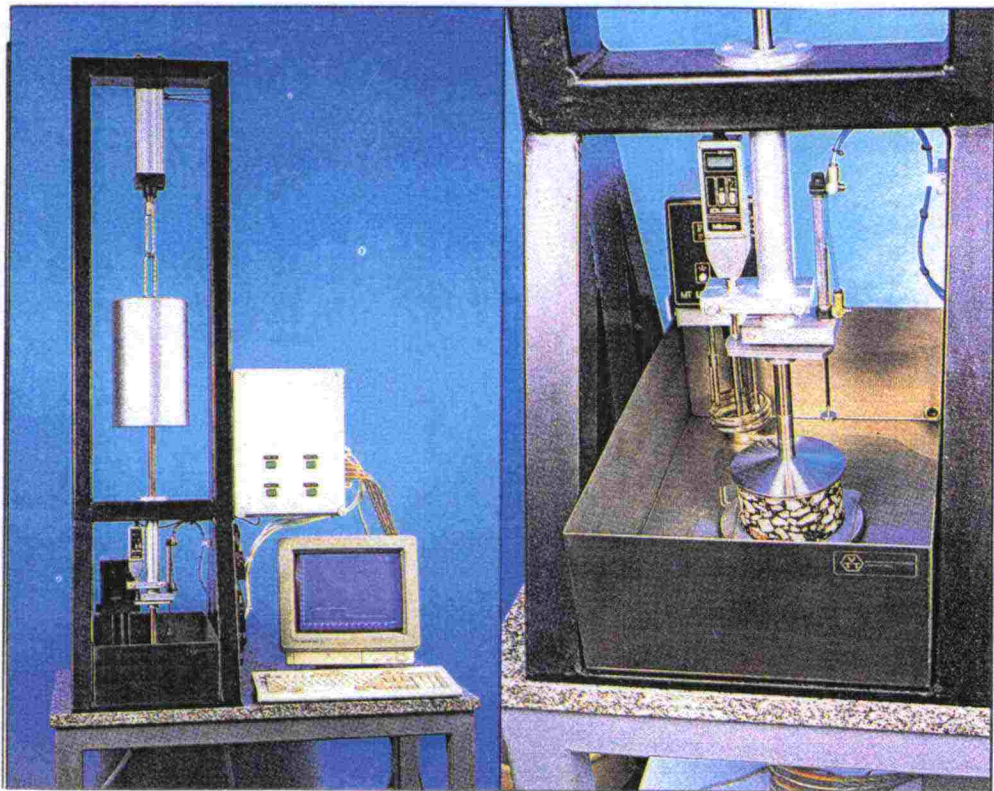
Kuva 10. Urittumislaitte.

Turun tiepiirin tekemissä tutkimuksissa Creep-laitte on keskeisin ja niinpä tässä tutkimuksessa se oli ainoa deformaation mittaamiskoe, kuitenkin niin, että tuloksia on vain uusimmista päällystyskohteista.

### 3.2.1 Creep-laitte

Creep-laitteessa (kuva 11) näytettä puristetaan akselinsa suuntaisesti staattisesti 100 kPa:n paineella. Koekappaleen muodonmuutosta mitataan ajan funktiona. Yhden tunnin

kuormitusaikaa edeltää 10 minuutin esikuormitusvaihe, joka on 2 % kokonaiskuormituksesta. /8/.



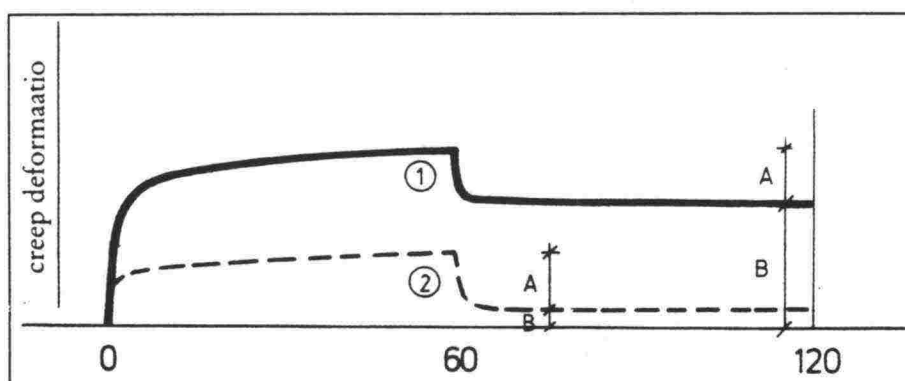
Kuva 11. Creep-laite.

Yhden tunnin kuormituksen jälkeen mitataan näytteen kokonaisdeformaatio ja yhden tunnin palautumavaiheen jälkeen pysyvä muutos /8/.

Koelieriö sahataan 60 mm korkeaksi. Päiden tulee olla sileät, tasaiset ja yhdensuuntaiset, jotta kuormitus jakautuu tasaisesti. /8/. Creep-koetta voidaan harvoin tehdä tieltä poratusta näytteestä, koska päällyste ei ole useinkaan niin paksu, että siitä voitaisiin porata 60 mm korkea koelieriö.

Koekappale on kokeen ajan vedessä, jonka lämpötila on +40 °C. Tässä vedessä tapahtuu myös kappaleen temperointi, joka kestää tunnin. /8/.

Laitetta ohjataan ja käsitellään tietokoneelle tehdyllä Creep-ohjelmalla. Ohjelman tekemiä asfalttimassan muodonmuutoskäyriä on esitetty kuvassa 12.



① Asfalttibetoni AB-20,  
tavanomainen bitumi

A = kimmoinen palautuminen

② Asfalttibetoni AB-20, kumibitumi

B = pysyvä muodonmuutos

Kuva 12. Creep-laitteella saatuja muodonmuutoskäyriä.

Creep-laite hankittiin Turun tiepiiriin vasta vuonna 1991, joten tutkimustuloksia ei ole kuin muutamasta uusimmasta päällystyskohteesta.

#### 4 KENTTÄMITTAUKSET

Koealueiden kulumista ja muodonmuutoksia seurattiin kenttämittauksilla. Mittaukset tehtiin profiilimittauksina keväällä ja syksyllä. Kevätmittauksilla voitiin todeta



edellisen talven kuluminen. Syksyn mittauksilla selvitetiin kesän aikana tapahtuneet deformaatiomuutokset.

Koealueilta porattiin myös koekappaleita SRK-kokeita varten, jotta voitiin verrata niitä laboratoriolaatasta tehtyihin SRK-kokeisiin.

#### 4.1 Profiilimittaukset

Profiilimittaukset tehtiin oikolaudalla ja profilometrillä. Mittaukset teki VTT.

Profilometrillä mitattiin päällysteen poikkipinta-alaa ja urasyvyyttä. Mittaukset tehtiin aina samoista poikkileikkauksista, jotta kunkin vuoden tulokset ovat keskenään vertailukelpoisia. Mittausta varten päällysteen alle oli tiettyihin mittauskohtiin asennettu alumiinifoliokaistat. Ne eivät kuitenkaan toimineet toivotulla tavalla ja mitaustuloksia onkin verrattu alkumittaukseen.

Profilometrimittauksia on varmistettu oikolautamittauksilla.

Kuten jo edellä todettiin, profilometri antaa tulokset  $\text{cm}^2$ :nä eikä  $\text{cm}^3$ :nä kuten SRK. Tämä oli tulosten tarkastelun kannalta hankalaa, koska tulokset täytyi ilmoittaa suhteellisina ilman dimensioita.

#### 4.2 Poraukset ja SRK:n käyttö

Tieltä porataan aina näytteitä, jotta voidaan todeta massan laatu. Mikäli levitetyn massan paksuus on riittävä, voidaan koekappaleita porata myös SRK-kokeita varten.

Massan paksuus on harvoin niin suuri, että voidaan porata näytteitä Creep-koetta varten.

Koekappaleet ajetaan SRK:lla samoin kuin laboratoriolaa-  
tasta saadut koekappaleet. Tuloksia verrataan ennakkoko-  
keisiin tai ne voidaan tilastoida erillisinä tuloksina ja  
käyttää niitä myöhemmin vertailuarvoina.

## 5 KOEALUEET

Päällystemassojen tutkimuksia on Turun tiepiirissä testat-  
tu tekemällä koealueita eri teille. Koealueiden asfalt-  
timassoista on tehty ennakkokokeet, joiden perusteella  
massat on valittu. Koealueet mitataan vuosittain ja tulok-  
sia verrataan ennakkokokeissa saatuihin tuloksiin. Mit-  
taukset tehdään profilometrimittauksena, jonka tulokset  
ilmoitetaan  $\text{cm}^2$ . Tutkimuksessa on käytetty myös tieltä  
porattujen näytteiden SRK-ajojen tuloksia ( $\text{cm}^3$ ).

Tämän tutkimuksen vertailutaulukot mittausten ja SRK-tu-  
lostien kesken ovat suhteellisia diagrammeja, joissa ei  
voida käyttää dimensioita. Diagrammeissa on aina oletettu  
jonkun koeosuuden SRK-ennuste ja profilometrimittaus-  
tulos samaksi ja muut tulokset on suhteutettu sen mukaan.

### 5.1 Vt 1

Vt 1 eli valtatie 1 Turusta Helsinkiin on ensimmäinen  
tutkimuskohde, josta on SRK-tietoja Turun tiepiirin alu-  
eella. Koealue tehtiin Piikkiöön vuonna 1988. Koeosuudet  
rakennettiin ainoastaan toiselle, Helsinkiin vievälle  
kaistalle. Koeosuuksia on viisi (5) kappaletta ja jokaisen  
pituus on noin 300 metriä. Kartta koealueen sijainnista on  
esitetty liitteessä 1.

Kunkin koeosuuden suhteutus on erilainen. Koeosuudet valittiin kaikki erilaisiksi, jotta voitiin verrata eri päällystetyyppien keskinäistä kelpoisuutta. Alunperin koe suunniteltiin kuitumassojen kelpoisuuden tutkimiseksi. Koealueiden kiviaineksina käytettiin Kosken ja Liedon kiveä, Tuomiston hiekkaa sekä massan täytejauheena kalkkifilleriä.

Koeosuudet 1 - 4 ovat "jyrkkäkäyräisiä" ja kiviaines on kaikissa sama (liitteet 3-6). Niissä käytettiin Kosken kiveä ja Tuomiston hiekkaa. Koeosuuden 5 kiviaines ja suhteutus poikkeaa muista (liite 7). Siinä käytettiin sekä Kosken että Liedon kiveä.

Koeosuuksien 1 ja 2 ainoa ero on käytetyssä kuidussa. Koeosuudella 1 käytettiin Arbocell-kuitua ja koeosuudella 2 Raifiber-kuitua. Sideaineena niissä on bitumi B-80.

Koeosuudella 3 ei käytetty kuitua lainkaan. Sideaineena on myös B-80. Ennakkokokeissa todettiin, että kuitumassat vaativat suuremman määrän sideainetta, niinpä osuuden 3 sideaineprosentti onkin huomattavasti pienempi kuin osuuk-sien 1 ja 2.

Koeosuus 4 on muuten samanlainen kuin koeosuus 3, mutta sideaineena käytettiin kumibitumia KB-80 (polymeeribitu-mi). Sideaineprosentti on myös vähän suurempi, koska to-dettiin, että kumibitumia täytyy käyttää enemmän kuin tavallista bitumia.

Koeosuuden 5 tarkoituksena oli todeta kovuudeltaan heikom-man kiviaineksen (Lieto) vaikutus päällysteeseen. Sideai-neena käytettiin kumibitumia KB-80.

Kaaviokuva koealueen massoista on esitetty liitteessä 2. Koeosuuksien ohjearvolomakkeet ovat liitteinä 3-7.



Koealueen massoista ajettiin SRK-ennakkokokeet talven 1988 aikana, jolloin massojen maksimiraekokona oli 16 mm. Koe-työssä massojen maksimiraekokona oli 22 mm. Talvella tehdyillä kokeilla valittiin Arbocell-kuidun vertailukuiduksi Raifiber.

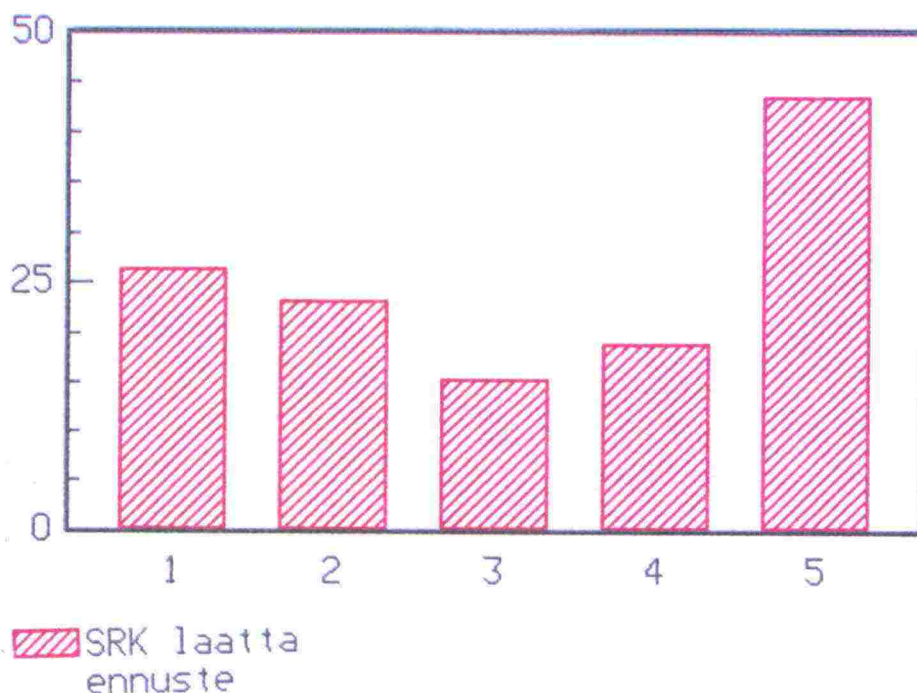
Massatyön aikana tehtiin massoista laboratoriolaatat. Näytteiden poraukset tieltä tehtiin, kun koealueet oli saatu valmiiksi. Näytteistä ajettiin SRK-kokeet.

SRK-kokeet tehtiin siis lähes samanaikaisesti laatasta ja tieltä poratuista näytteistä. Laatan ja tien tuloksissa on pieniä eroavuuksia, jotka johtuvat todennäköisesti työteknisistä syistä. Suurin poikkeama on koealueella 2, mutta kuten myöhemmin voidaan havaita, laatan ja tien SRK-arvojen keskiarvo vastaa hyvin todellista tiekulumista. SRK-tulokset on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Koeosuuksien SRK-tulokset (cm<sup>3</sup>).

Koeosuus	SRK	
	Tie	Laatta
1	23,9	26,3
2	33,9	23,1
3	15,2	15,2
4	14,4	18,9
5	44,0	43,5

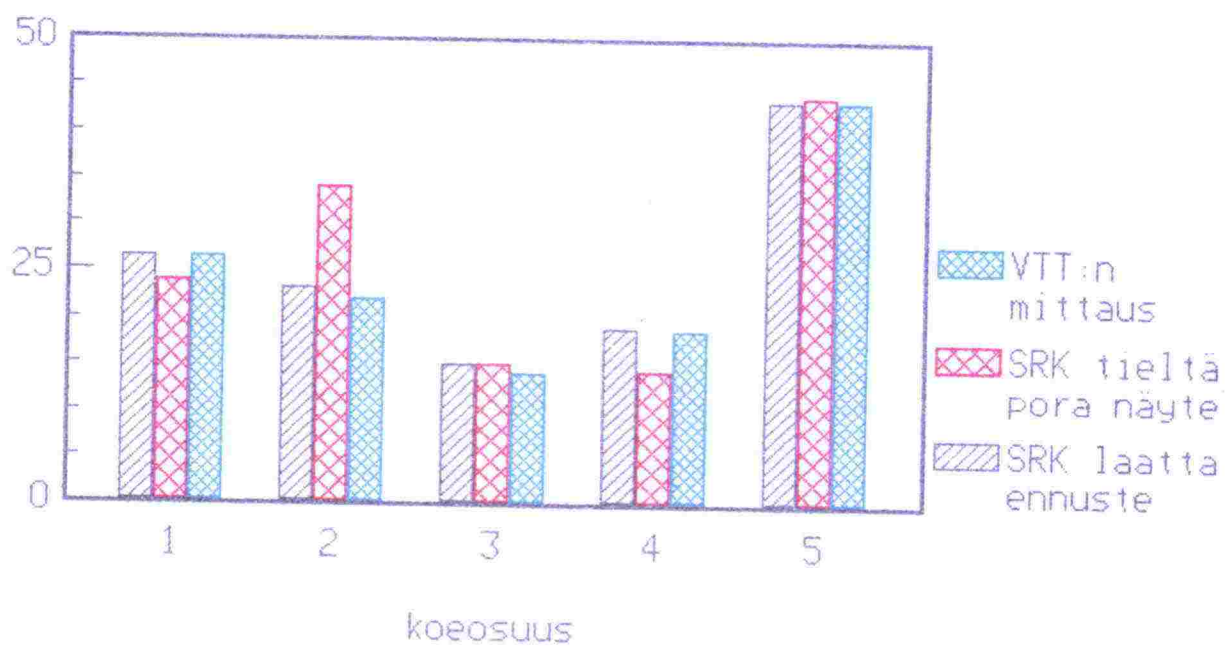
SRK-kokeiden tarkoitus ei ollut ennustaa massojen kestoikää, vaan niiden keskinäistä kulutuskestävyyttä (kuva 13).



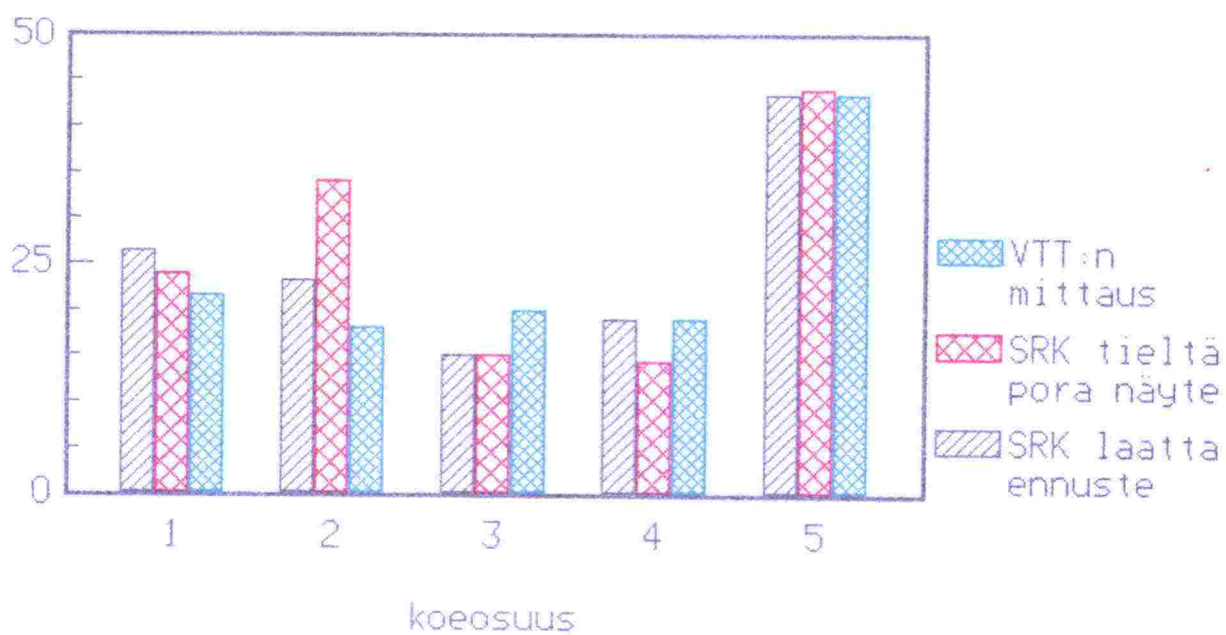
Kuva 13. SRK-ennuste Vt 1:lle vuonna 1988.

Ensimmäinen profilometrimittaus tehtiin jo vuoden 1988 syksyllä, jotta saatiin mitattua ns. alkupainuma, mikä oli ensimmäisen kesän aikana syntynyt. Alkupainuma oli kaikilla koeosuuksilla lähes saman suuruinen, joten se ei ollut paljonkaan riippuvainen massatyypistä. Koska vertailudiagrammit ovat suhteellisia, alkupainumalla ei ole vaikutusta lopullisiin tuloksiin.

Ensimmäinen kulumista selvittävä mittaus tehtiin keväällä 1989. Mittauksessa saatiin ensimmäisen talven kuluma. Näitä mittaustuloksia verrattiin SRK-ennusteeseen ja todettiin tulosten hyvä yhdenmukaisuus ennusteen kanssa (kuva 14). Paremmuusjärjestys, johon SRK-tulosten perusteella massat oli pantu piti hyvin paikkansa.

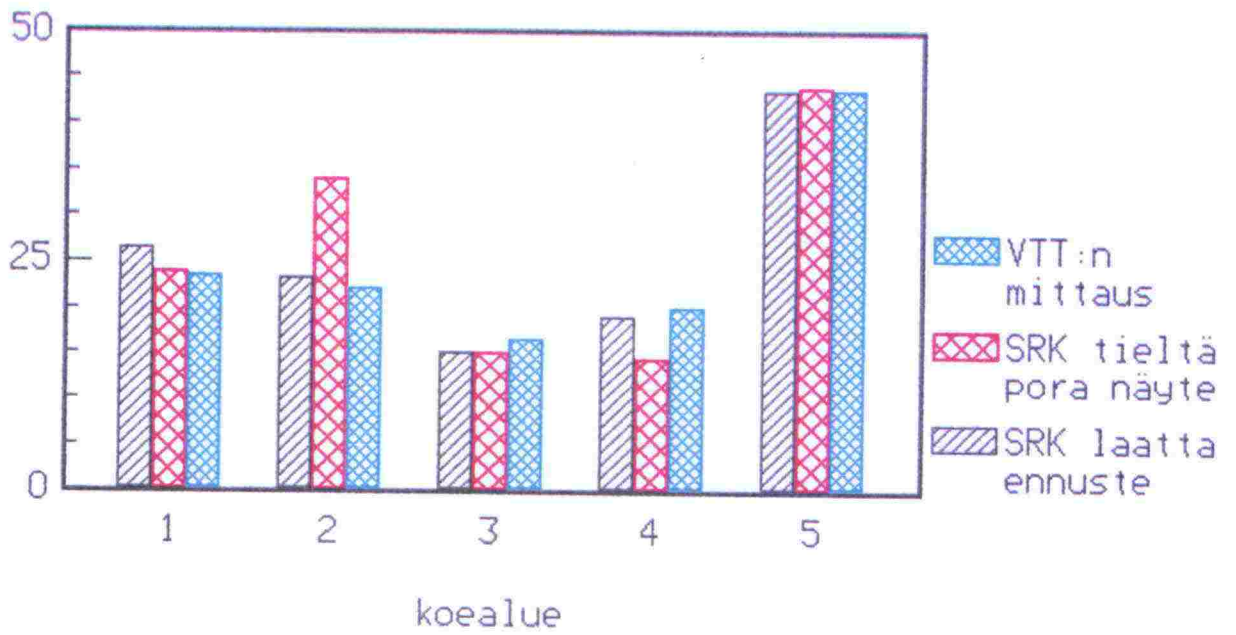


Kuva 14. Vt 1:n koeosuuksien kuluminen vuosina 1988-1989.

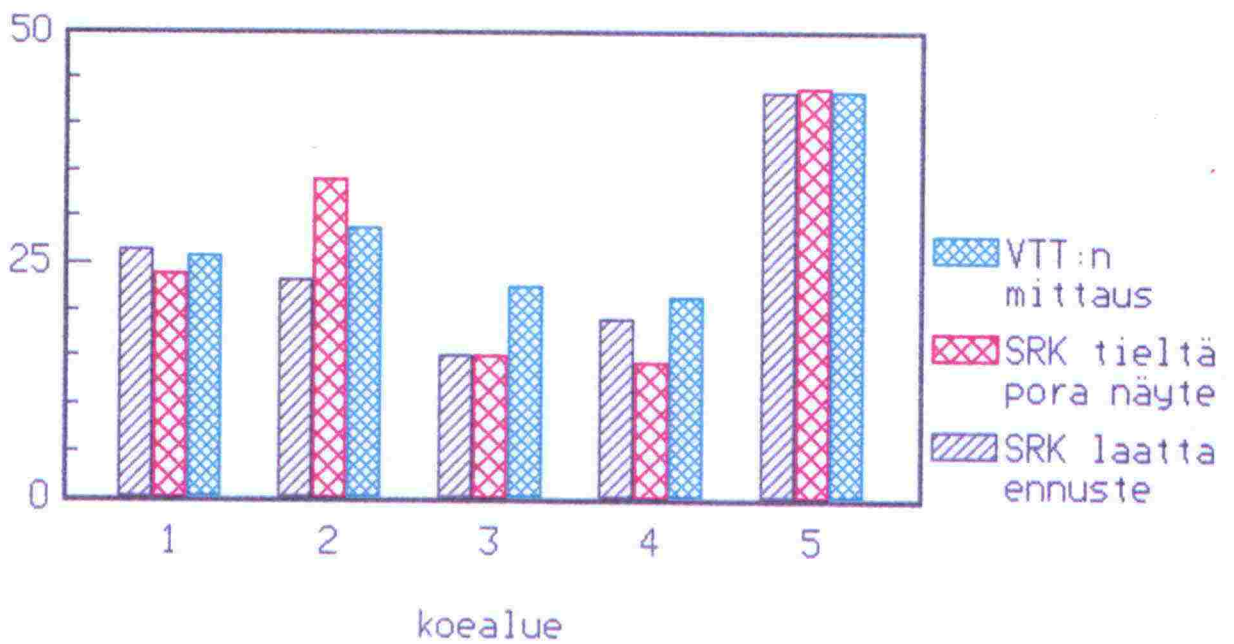


Kuva 15. Vt 1:n koeosuuksien kuluminen vuosina 1988-1990.





Kuva 16. Vt 1:n koeosuuksien kuluminen vuosina 1988-1991.

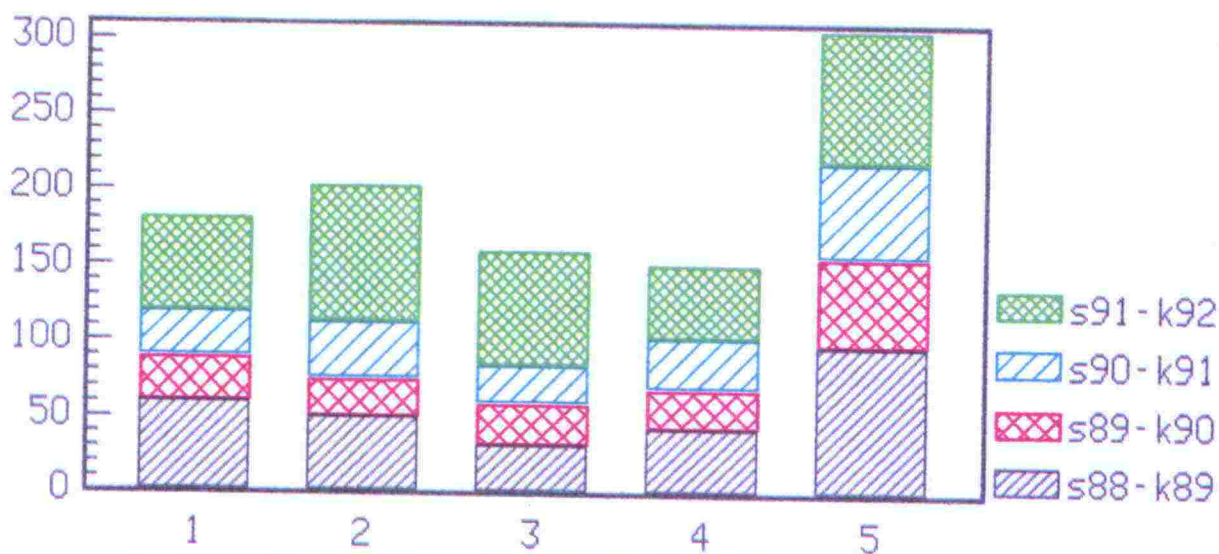


Kuva 17. Vt 1:n koeosuuksien kuluminen vuosina 1988-1992.

Toisen talven jälkeiset mittaukset tehtiin keväällä 1990. Tulokset suhteutettiin jälleen SRK-ennusteeseen ja vieläkin ennuste piti paikkansa (kuva 15). Näiden tulosten jälkeen SRK:n käyttö Turun tiepiirin keskuslaboratoriossa lisääntyi, koska ennusteisiin alettiin luottaa.

Kolmannen talven jälkeiset mittaukset keväällä 1991 antoivat samansuuntaisia tuloksia kuin edellisestkin mittaukset. Diagrammien muoto alkoi vakiintua ja suhteellinen kuluminen eri koeosuuksien välillä oli lähes ennusteen mukainen (kuva 16).

Koeosuudella 5 tehtiin viimeinen profilometrimittaus keväällä 1992. Urasyvyys koeosuudella oli jo niin suuri, että alue päällystettiin uudelleen kesällä 1992. Neljän muun koeosuuden seuranta jatkuu edelleen. Mittaustuloksista laadittiin yhteenveto, joissa SRK-ennusteen ja tiekuluminen paikkansapitävyys voitiin todeta edelleen hyväksi (kuva 17). Koeosuuksien kokonaiskulumaan laskettiin koko tutkimuksen profilometrimittaukset yhteen (kuva 18), josta voidaan todeta miten eri päällystemassat ovat kuluneet.



Kuva 18. Vt 1:n koeosuuksien kuluminen yhteensä (cm²).

## 5.2 Vt 10

Vt 10 eli valtatie 10 Turusta Hämeenlinnaan on toinen tutkimuskohde, josta on SRK-tietoja Turun tiepiirin alueella. Koealue tehtiin Paimioon vuonna 1988, lähes samanaikaisesti Vt 1:n koealueen kanssa. Koeosuudet rakennettiin ainoastaan toiselle, Hämeenlinnaan vievälle kaistalle. Koeosuuksia on kahdeksan (8) kappaletta ja jokaisen pituus on noin 300 metriä. Kartta koealueen sijainnista on esitetty liitteessä 8.

Samoin kuin Vt 1:llä, kunkin koeosuuden massan koostumus on erilainen. Kiviaineksena käytettiin niinikään Kosken ja Liedon kiveä. Hiekkana oli joko Hevonlinna tai Kiikala. Täytejauheena oli kaikissa kalkkifilleri. Sideaineena oli kaikissa arktinen bitumi B-120. Tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia huonon kiven vaikutus päällysteen kestävyYTEEN. Koeosuuksien järjestys on looginen; eteenpäin mentäessä huonon kiven (Lieto) osuus vähenee ja paremman kiven (Koski) osuus kasvaa.

Osuuksilla 1, 2, 3 ja 8 rakeisuuskäyrä oli jatkuva. Massojen maksimiraekoko oli 22 mm. Kivilajia vaihdeltiin siten, että lujaa Kosken kiviainesta oli 1. osuudella 0 %, 2. osuudella 10 % ja 3. osuudella 25 %. Loppu kiviaines oli Liedon kiveä. Osuudella 8 Kosken kiviaineksen osuus oli 100 %.

Osuudelle 4 tehtiin Kosken kiviaineksesta pintakarkeutus, jonka tarkoituksena oli lisätä massan kulutuskestävyyttä. Perusmassan rakeisuuskäyrä oli jatkuva. Kosken kovaa kiveä oli siinä 14 % ja lujuudeltaan heikkoa Liedon kiveä 80 %. Tämän vuoksi 4. osuutta ei voitu käsitellä, koska SRK-koetta ei kannata ajaa koekappaleesta, jonka pinnassa on karkeutus.



Osuuden 5 rakeisuuskäyrä oli myös jatkuva, mutta massan maksimiraekoko oli 16 mm. Kosken kiviaineksen osuus oli 49 % ja loput oli Liedon kiviainesta.

Osuuksien 6 ja 7 rakeisuuskäyrä oli " jyrkkä ". Kiviaineksenä oli vain Kosken kiveä. Erona massoilla oli kiviaineksen maksimiraekoko, joka 6.osuudella oli 16 mm ja 7.osuudella se oli 22 mm. Lisäksi käytettiin Kiikalan hiekkaa.

Suhteutukset massoihin tehtiin Turun tiepiirin keskuslaboratoriossa. Koeosuudet 1, 2, 3 ja 8 suhteutettiin samalle käyrälle. Vaikeutena suhteutuksessa oli kiviaineslajitteiden erilaisuus.

Kaaviokuva koealueen massoista on esitetty liitteessä 9. Koeosuuksien ohjearvolomakkeet ovat liitteinä 10-17.

Vt 10:n liikennemäärä on pienempi kuin Vt 1:n, joten kuluminenkin on ollut vähäisempää. Tästä syystä koealueen kenttämittaustulokset ovat puutteellisemmat kuin Vt 1:llä. Mittaustuloksia on vain vuosilta 1988-1990. Tulokset ovat kuitenkin vaikuttaneet SRK-laitteen lisääntyneeseen käyttöön. Koeosuuksien SRK-tulokset on esitetty taulukossa 3.

**Taulukko 3.** Koeosuuksien SRK-tulokset (cm<sup>3</sup>).

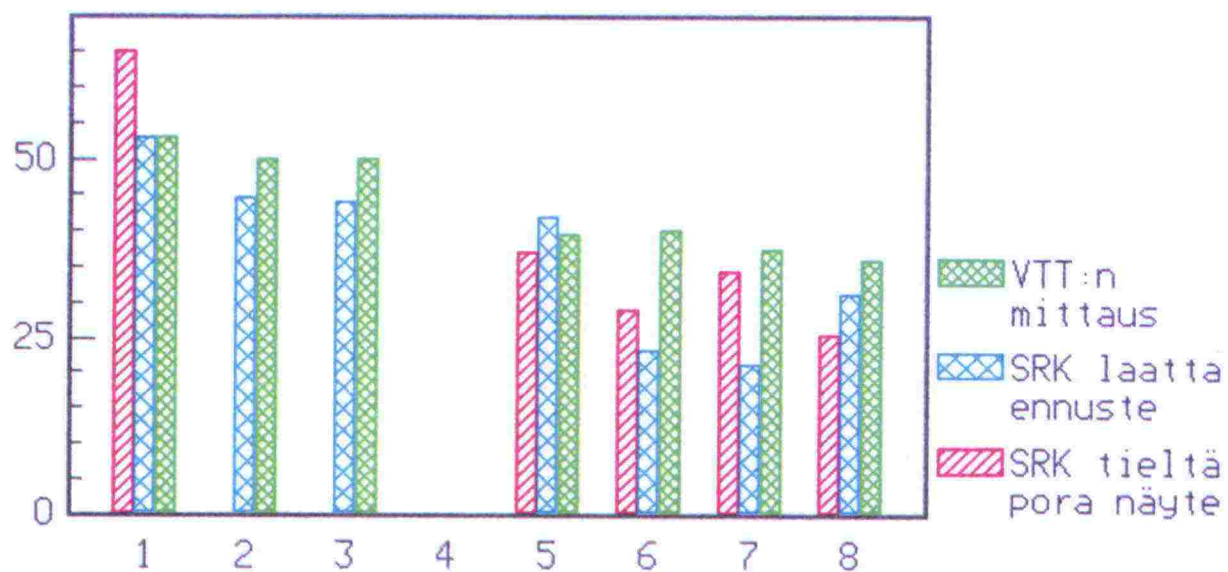
Koeosuus	SRK	
	Tie	Laatta
1	65,3	53,0
2	-	44,5
3	-	43,5
5	37,0	42,1
6	28,9	23,4
7	34,4	20,5
8	25,5	31,3

Samoin perustein kuin Vt 1:llä, päällysteiden paremmuutta verrattiin kulutuskestävyyden perusteella (kuva 19).

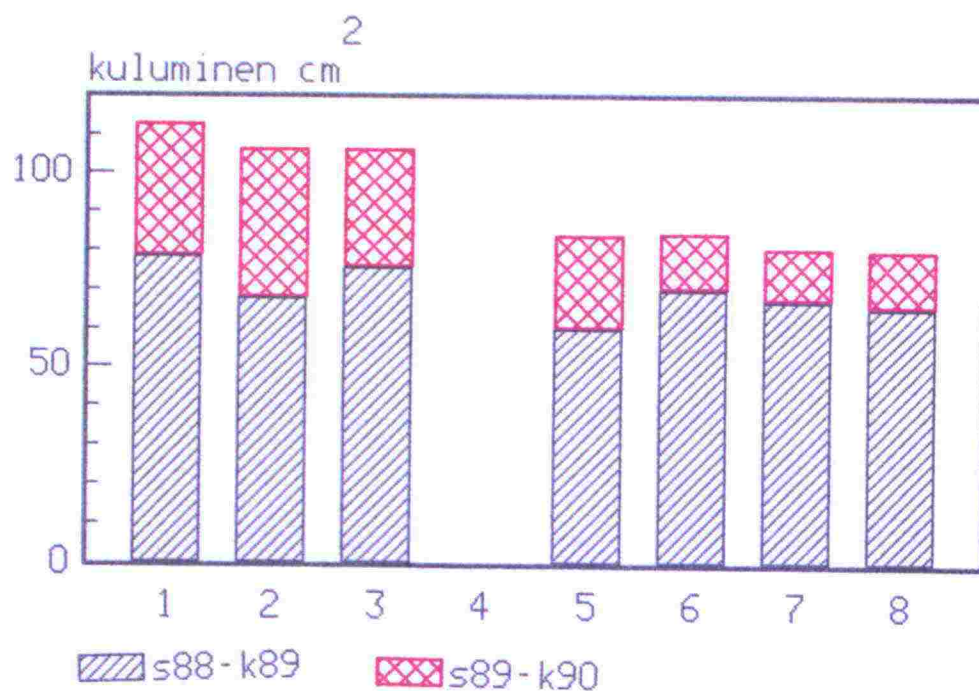
Ensimmäisen talven jälkeinen profilometrimittaus keväällä 1989 osoitti ennusteen olevan melko hyvän. Keväällä 1990 tehdyt mittaukset poikkesivat mittauksista jonkun verran. Osuuksien 1, 2 ja 3 paremmuusjärjestys oli ennusteen mukainen, mutta osuuksien 5, 6, 7 ja 8 välinen paremmuus oli eri kuin ennustettiin. Suurimmat poikkeamat ennusteeseen oli osuuksilla 6 ja 7. SRK-tulokset ja mittaukset on esitetty kuvassa 20. Osuuksilta 2 ja 3 ei porattu koekappaleita SRK:ta varten. Kuvasta 21 nähdään kulumisen yhteensä vuosina 1988-1990.



Kuva 19. SRK-ennuste Vt 10:n koealueelle vuonna 1988.



Kuva 20. Vt 10:n koeosuuksien kuluminen vuosina 1988-1990.



Kuva 21. Vt 10:n koeosuuksien kuluminen yhteensä (cm<sup>2</sup>).



### 5.3 Kt 40

Kt 40:lle eli Turun ohikulkutielle tehtiin koealue vuonna 1991. Koeosuuksia rakennettiin kaikkiaan kahdeksan (8) kappaletta. Osuuksien pituudet vaihtelevat. Kartta koealueen sijainnista on esitetty liitteessä 18.

Koealue rakennettiin, jotta voitiin selvittää ferrokromikuonan ja teräskuonan soveltuvuutta asfalttibetonipäälysteen kiviaineksena. Näitä verrattiin Turun seudulla käytettyyn Koski TL:n kalliomurskeeseen. /9/. Kaaviokuva koeosuuksien sijoittumisesta Kt 40:llä sekä käytetyistä kiviaineksista on esitetty liitteessä 19.

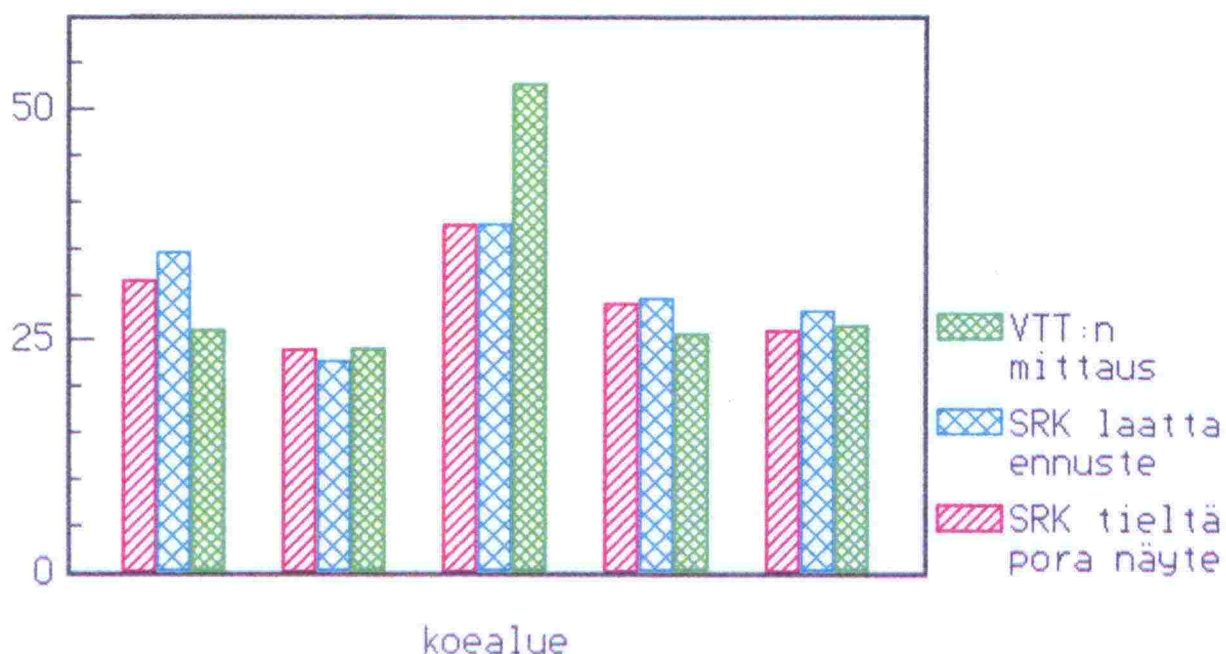
Koetyön yhteydessä tutkittiin lisää laboratoriolaatan kelpoisuutta ennakkotutkimuksissa. Todettiin, että laboratoriolaatan näytetulokset korreloivat suhteellisen hyvin tienäytetulosten kanssa, etenkin tyhjätilojen osalta /9/.

Sekä laatasta että tieltä poratuista näytteistä ajettiin SRK-kokeet osuuksilta 1, 2, 3, 4, 5 ja 8. Todettiin, että myös SRK-kokeen osalta näytetulokset korreloivat suhteellisen hyvin laatan ja tienäytteiden kesken /9/. SRK-tulokset on esitetty taulukossa 4.

**Taulukko 4.** Koeosuuksien SRK-tulokset /9/.

Koeosuus	SRK	
	Tie	Laatta
1	31,5	34,5
2	23,7	22,6
3	37,2	37,7
4	29,2	29,7
5	24,4	26,3
8	29,5	29,3

Koeosuudet mitattiin profilometrilla keväällä 1992. Mittaustuloksista ja SRK-tuloksista tehtiin suhteellinen pylväsdiagrammi, jossa koeosuuden 8 mittaustulos ja tieltä porattu SRK-näyte oletettiin yhtä suureksi. Muut tulokset suhteutettiin siihen. Diagrammista havaitaan, että koeosuudella 3 kuluminen on ollut suurempaa kuin SRK-tulokset edellyttivät. Muiden osuuksien kohdalla mittaustulos on lähellä SRK-tuloksia. (kuva 22).



Kuva 22. Kt 40:n koeosuuksien kuluminen vuosina 1991-1992.

Kohteesta on tehty myös Creep-kokeita. Kokeet voitiin tehdä vain laboratoriolaatoista poratuista koekappaleista, koska tieltä poratuista kappaleista ei saatu sahattua 60 mm korkeita näytteitä. Creep-tuloksia käytetään jatkossa

vertailutuloksina, kun valmistetaan samanlaisia massoja, kuin edellä on mainittu. /9/.

Kohteen seuranta jatkuu ja vasta seuraavien profilometri-mittausten jälkeen voidaan tehdä varmempia päätelmiä tulosten yhdenmukaisuudesta.

#### 5.4 Muut kohteet

Koealueiden lisäksi SRK-kokeita on tehty myös normaaleista päällystyskohteista, joille ei ole tehty erillisiä koealueita. Tällaisina vertailukohteina mainittakoon mm. Kt 41 ja Vt 9, joille tehtiin ns. ART-päällyste vuonna 1991. Näiden kohteiden vanhan ja uuden pinnan massoista ajettiin SRK-kokeet. Tuloksista voitiin päätellä, että vanhaan päällysteeseen lisätyllä uudella hyvälaatuisella kiviaineksella oli parantava vaikutus päällysteen kulutuskestävyyteen. Liitteestä 20 voidaan havaita, että eri tutkimuspisteistä otetuista näytteistä, uuden pinnan kulutuskestävyys on parempi kuin vanhan pinnan. Samoista tutkimuspisteistä otettiin massaa myös laboratoriolaattoja varten, joista ajettiin SRK-kokeet (liite 20 ).

Turun tiepiirissä on käytetty myös ns. Remixer-menetelmää, jossa vanhan päällysteen joukkoon lisätään uutta massaa. SRK:lla tutkittiin Vt 1:lle tehtyä Remixer-massaa. Tutkimuksessa ajettiin SRK-kokeet vanhasta massasta, lisämassasta sekä seosmassasta. Tutkimus osoittaa, että hyvällä lisämassalla on parantava vaikutus päällysteen kulutuskestävyyteen. Liitteessä 21 on esitetty eo. massojen SRK-kuluminen ( $\text{cm}^3$ ).

SRK-kokeita tehtiin myös Mt 181:llä ja Mt 189:llä. Nämä kohteet kuuluvat LVR-urakointikokeiluun, jossa SRK-tulokset ovat yhtenä vaatimus- ja arvosteluperusteena. Tuloksia



käytetään hyödyksi muissa kohteissa kehitettäessä ko. urakointimuotoa.

### 5.5 TUTKIMUSTEN TARKASTELU

Seurantamittausten perusteella SRK-laitteen käyttö ja tulokset ovat osoittautuneet melko luotettaviksi. Koealueilta saatujen SRK-tulosten perusteella SRK:n käyttö lisääntyi ja kokeita tehtiin useista eri kohteista. Tuloksia voidaan käyttää apuna valittaessa päällystettä, eikä aina tarvitse tehdä uusia ennakkokokeita. Tämä helpottaa sekä päällysteen valintaa että pienentää kustannuksia.

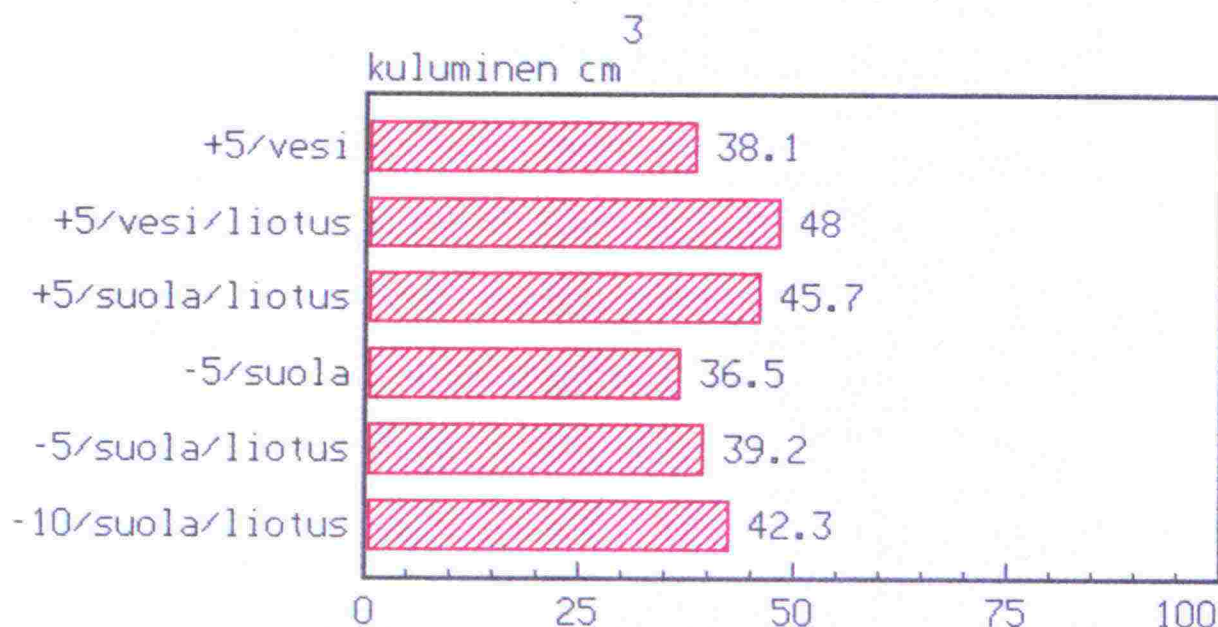
Creep-laitteella saatuja deformaatiotuloksia ei ole yksityiskohtaisesti tässä tutkimuksessa käsitelty, mutta laitteen käyttö on lisääntynyt Turun tiepiirin keskuslaboratoriossa koko ajan. Laitteella saatavia tuloksia käytetään jatkossa SRK-tulosten rinnalla, koska tulosten on havaittu täydentävän toisiaan.

### 6 PÄÄLLYSTEKIVIAINEIDEN SRK-PERUSTEINEN VERTAILU

Koealueilta Vt 1 ja Vt 10 saatiin vuonna 1989 niin lupavia tuloksia SRK:n käytöstä, että tiepiirissä päätettiin tutkia piirin alueella käytettävissä olevia päällystekiviaineita, SRK:tta hyväksikäyttäen. Tutkimuksia tehtiin vuosina 1990-1992.

Lisäksi selvitettiin miten lämpötila ja vedessä liottaminen sekä suola vaikuttavat SRK-kokeessa. Näitä tutkimuksia tehtiin Vt 9:n ASTO-kokeen referenssimassasta. Tutkimuksissa todettiin, että suolalla ei ollut suoranaista vaikutusta ko. kiviainekseen, mutta säilytys vedessä tai suolaliuoksessa huononsi masaan kulutuskestävyyttä. Kuvasta 23

nähdään miten eri vaihtoehdot vaikuttivat koekappaleen kulumiseen.

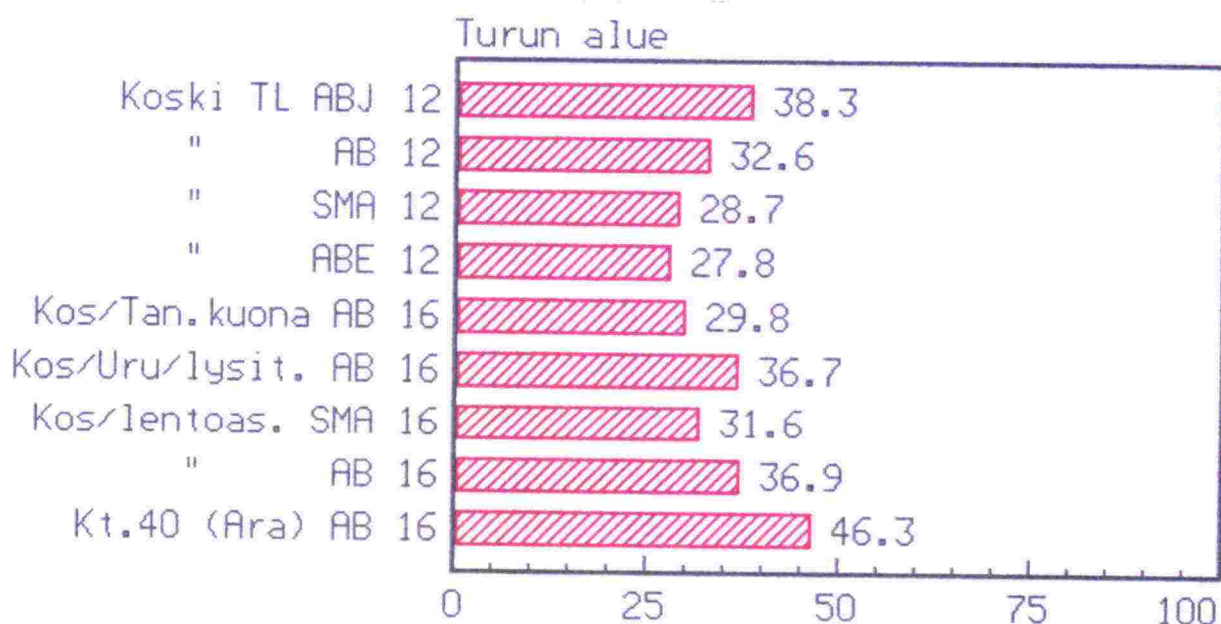


Kuva 23. Suolan, veden lämpötilan ja liotuksen vaikutus SRK-kokeessa.

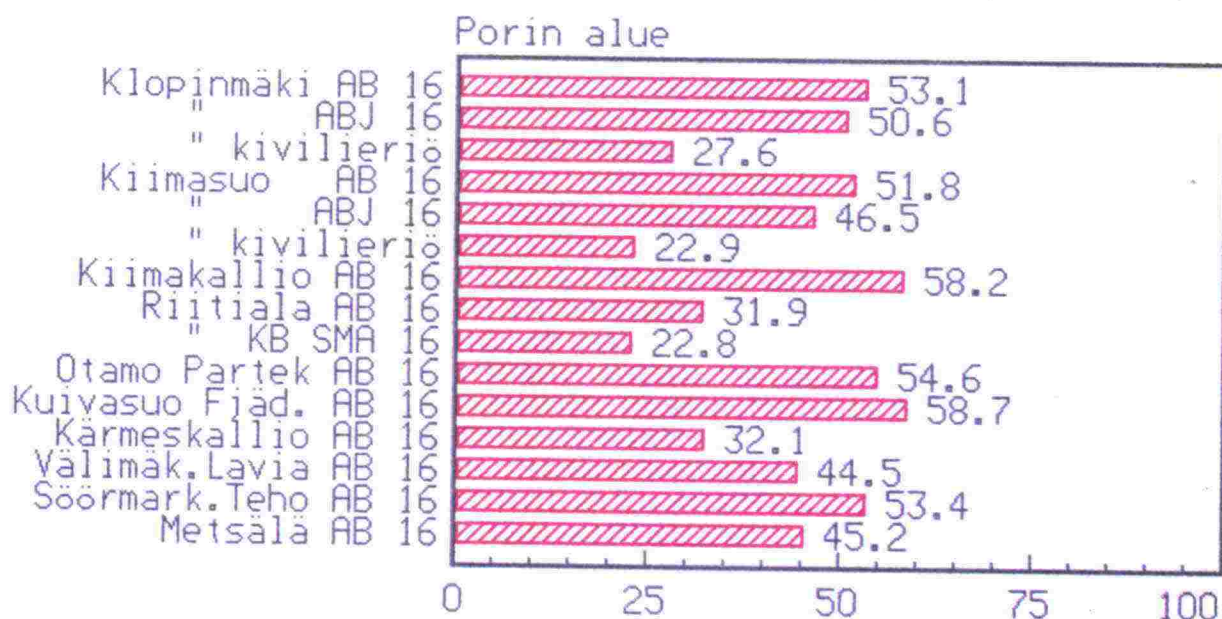
### 6.1 Koemassat ja SRK-tulokset

Päällystekiviaineiden vertailua varten valittiin kaksi perusmassaa Turun ja Porin alueille.

Lisäksi Porin alueelta porattiin kivilieriöitä, joista ajettiin SRK-kokeet. Kiviainespaikat ja SRK-tulokset on esitetty kuvissa 24 ja 25.



Kuva 24. Turun alueelta tutkitut kiviainespaikat ja massojen SRK-tulokset.



Kuva 25. Porin alueelta tutkitut kiviainespaikat ja massojen SRK-tulokset.



Kiviainestukimusta jatketaan koko ajan. Uusien kiviainesten käyttökelpoisuutta arvioidaan tekemällä niistä laboratoriolaattoja ja vertaamalla laatoista saatuja tutkimustuloksia aiemmin tehtyihin tutkimustuloksiin.

## 7 ENNUSTETTAVUUS

SRK:n myötä on kehitetty eri menetelmiä, joilla päällysteen kestoikä voidaan ennustaa. Menetelmillä pyritään löytämään vuosikustannukseltaan edullisin asfalttipäällyste. Menetelmät perustuvat tien kulumisen mallintamiseen ja sen perusteella tehtyihin laskelmiin.

### 7.1 Päällyste-cad (P-CAD)

P-CAD on kehitetty helpottamaan päällysteen valintaa ja löytämään kullekin päällystyskohteelle halvin päällystemaassa. P-CAD on tietokone-ohjelma, jonka on kehittänyt Tekn. lis. Heikki Jämsä VTT:lta. Ohjelma ei ole vielä täysin valmis, vaan kehitystyö jatkuu edelleen. Ohjelmasta pyritään tekemään helppokäyttöinen versio, vielä vuoden 1992 aikana. Tällä hetkellä ohjelman tiedostojen editointi on vielä melko mutkikasta.

#### 7.1.1 Periaate

P-CAD:n tavoitteena on tuottaa tietoa, jonka avulla suunnittelija pystyy valitsemaan kohteeseen teknis-taloudellisesti parhaimman päällysteratkaisun (henk.koht. tiedonanto Tekn. lis. Heikki Jämsä VTT 1992). Lähtötietoina ohjelma käyttää PMS-järjestelmästä, tierekisteristä sekä ASTO-tutkimuksesta saatavia tietoja.

PMS-järjestelmä tuottaa tiedon kunnostamista vaativista kohteista. Näistä valitaan yksi kohde kerrallaan yksityiskohtaista päällystesuunnittelua varten. Lisäksi PMS-järjestelmä tuottaa tiedon kohteen toimenpiteen karkeasta laadusta (päällystäminen, rakenteen parantaminen) sekä kustannuksista.

Tierekisteristä saadaan kohteen ominaisuuksia kuvaavia tietoja, jotka vaikuttavat päällysteen valintaan ja suunnitteluun. Näitä ovat tien leveys, liikennemäärä ja nopeusrajoitus.

ASTO-projektissa saatua tietoa hyödynnetään sekä kustannuslaskennassa että päällysteen kestojen mallintamisessa tutkittujen materiaali- ja massaominaisuuksien perusteella.

P-CAD:ssä kustannuksia voidaan tarkastella kahdella eritasolla. Yksinkertaisemmassa tapauksessa käyttäjä antaa itse omaan kokemukseensa ja tietoonsa perustuen päällysteen tonnihinnan kohteessa. Toisena vaihtoehtona on laskea päällysteen kustannukset yksityiskohtaisten lähtötietojen perusteella. Kestoikälaskennassa, kuten aiemminkin todettiin, alkutiivistyminen, nastarengaskulutus ja deformaatio kulkevat käsi kädessä. Näin on myös P-CAD:ssä. Kulutuskestävyyden P-CAD ennustaa joko kiviainestietojen tai SRK-tietojen perusteella. Lopputuloksena saadaan paljonko päällyste maksaa vuodessa kilometriä kohti (mk/v/km) (liite 22).

#### 7.1.2 Tulokset

Ohjelman kestoikämallien luotettavuus, urautumisen osalta, tutkittiin ns. pilottikohteiden avulla. VTT totesi Uuden-

maan tiepiirin aineistolla, että P-CAD:ssä käytetyt mallit soveltuvat tarkkuutensa puolesta käytettäviksi.

Kesän 1992 aikana Turun tiepiirin keskuslaboratoriossa syötettiin Vt 1:n koealueen tiedot ohjelmaan ja VTT testasi kestoikämallit myös tällä aineistolla.

P-CAD:llä saadut ennusteet olivat lähes saman suuntaisia kuin SRK-kokeilla oli aiemmin saatu. Lisäksi saatiin kestoikäennuste, jonka mukaan koeosuus 5 oli päällystettävä vuonna 1992. Edellä kerrottiin, että osuus päällystettiin kesällä 1992, joten P-CAD:n kestoikäennuste piti tältä osin paikkansa.

Tarkoituksena on käyttää myös Vt 10:n koealueen tiedot hyödyksi. Näiden tietojen käsittely on parhaillaan käynnissä.

Tarkoituksena on, että P-CAD:n kestoikämallien lopullinen muoto valmistuu, kun Vt 10:n tiedot on käsitelty ja VTT on tehnyt omat kestoikämallitestauksensa. Mikäli näin tapahtuu ja kestoikämallit saadaan toimiviksi, pystytään P-CAD:ä jatkossa hyödyntämään myös muiden tiepiirien päällystesuunnittelussa.

## 7.2 Asfalttipäällysteen vuosikustannusdiagrammi

Menetelmä, joka pyrkii samaan lopputulokseen kuin P-CAD on Turun tiepiirin laadunohjausyksikön päällikön DI Jussi Rahialan kehittämä asfalttipäällysteen vuosikustannusdiagrammi. Siinä käytetään lähtötietoina SRK-tuloksia, SPS-lukua ja KVL:ttä. (liite 23). Vastaavia menetelmiä on käytössä muitakin.



### 7.2.1 SPS-luvun laskeminen

VTT:n tie- ja liikennelaboratorio on laatinut laskukaavan SPS-luvulle /13/. Se ottaa huomioon liikennemäärän talviaikaisen vaihtelun, nastarenkaiden käyttömäärän autoissa, kuorma-auton renkaiden suuremman kuluttavuuden ja talviaikaiset nastarenkaiden käyttövuorokaudet. Laskukaava ja selitykset on esitetty liitteessä 24.

### 7.2.2 SPS-luvun ja SRK:n välinen riippuvuus

SRK- ja SPS-arvojen keskinäinen suhde riippuu monista eri tekijöistä, kuten päällystetyypistä, tien leveydestä ja ajonopeudesta. Kullekin tapaukselle saadaan arvojen välinen korrelaatiokäyrä.

### 7.2.3 Diagrammin tulkinta

Diagrammin tulkinta on melko helppoa. SRK- ja SPS-arvojen lisäksi pitää tietää kohteen KVL. Lisäksi pitää tietää kulloinkin käytettävä maksimiurakriteeri sekä rakennuskustannukset. Lopputuloksena saadaan karkea arvio päällysteen kestoiästä vuosina sekä päällysteen vuosikustannus kilometriä kohti (liite 24).

## 8 Tulosten tarkastelu

### 8.1 Menetelmien luotettavuus

Menetelmien luotettavuus korostuu ennakkokokeissa. Kulu- ja deformaatiokokeita varten valmistettavat koekappaleet tulee valmistaa luotettavalla menetelmällä ja nimen-

omaan samasta kiviaineksesta ja samalla suhteutuksella kuin ko. päällystystyö tehdään.

SRK-ennusteiden luotettavuutta eri massojen kulutuskestävyyttä verrattaessa voidaan pitää hyvänä.

P-CAD:n käyttökelpoisuudesta ei voida varmuudella sanoa vielä mitään. Turun piirissä saatiin vähän ristiriitaisia tuloksia, mutta tulosten suunta oli oikea. Pitää muistaa, että ohjelma on vielä kehitysvaiheessa ja siihen tulee koko ajan parantavia uudistuksia.

## 9 Johtopäätökset

Tämän tutkimuksen perusteella SRK soveltuu hyvin asfalttimassojen kulutuskestävyyden tutkimiseen. Tutkimusten luotettavuus riippuu SRK:n ja tiekuluman keskinäisestä suhteesta. Koealueilla SRK-tulokset korreloivat tiekuluman kanssa erittäin hyvin, mutta tavallisissa päällystyskohteissa SRK-ennakkokokeet näyttävät antavat liian hyviä tuloksia, verrattuna todelliseen tiekulumaan. Koelaatat tehdään aina samoilla menetelmillä, joten ilmeisesti koealueet rakennetaan huolellisemmin kuin tavalliset päällystyskohteet.

Laboratoriolaatta todettiin hyväksi menetelmäksi valmistaa koekappaleita kulutus- ja deformaatiokokeita varten. Laatantekeminen on nopea ja luotettava tapa tehdä koekappaleita, myös karkeista massoista. Laboratoriossa ja tiellä tehtyjen laattojen kesken ei havaittu olevan suuria eroja laadullisesti eikä myöskään SRK-tulosten osalta.

Tutkimus osoitti myös, että suhteutettaessa asfalttimassaa, huonon kiviaineksen joukkoon ei kannattaisi lisätä pientä määrää lujuudeltaan kovempaa, karkeaa kiviainesta. Mikäli

massassa on pieni määrä kovaa kiviainesta, huonompi kiviaines kuluu joka tapauksessa nopeammin pois, eikä parempaan kulutuskestävyyteen päästä. SRK-kokeissa tämä näkyy epätasaisena kulumisena, kuluttaen koekappaleen usein kolmion muotoiseksi. Tiellä epätasaisuus vaikuttaa ajomukavuuteen. Tien liikennemäärän mukaan kannattaakin valita massan kiviaineksen lujuus siten, että kuluminen on mahdollisimman tasaista.

P-CAD tulee olemaan käytännöllinen tapa ennustaa päällysteen kestoikää. Se ennustaa massan kestoian kiviainestutkimusten, SRK-tulosten tai niiden yhteisvaikutuksen perusteella. Ennusteet perustuvat ennakkokokeiden ja tiekuluminen väliseen suhteeseen. Jotta suhde saataisiin luotettavaksi, tulisi kenttämittauksia kehittää.

Tämän tutkimuksen kenttämittaukset tehtiin pääosin profilometrilla, joka ei osoittautunut täysin luotettavaksi menetelmäksi yksinään käytettynä. Vt 1:n koealueella päällysteen alle asennettu foliopaperi oli jossain vaiheessa mennyt rikki, joten kevään 1992 mittaustuloksia ei käsitelty erillisenä kokonaisuutena, kuten aikaisemmin oli tehty, vaan tuloksia verrattiin edellisen vuoden mittaus-tuloksiin. Tulokset eivät tuntuneet oikein luotettavilta, koska niiden mukaan kulumista oli talven 1992 aikana tapahtunut lähes yhtä paljon kuin aiempina talvina yhteensä. Mittaustuloksista ei ilmeisesti voidakaan todeta paljonko päällyste oli talven aikana kulunut, vaan niissä on mukana myös pohjan painuminen ja päällysteen deformaatio. Päällysteiden kehittämiseksi pitäisikin löytää menetelmiä, joilla ennakkokokeiden luotettavuutta voidaan tien päällä paremmin tarkkailla.



## 10 Menetelmien kehittäminen

Kulutuskestävämpiä ja taloudellisempia päällysteitä etsittäessä, tutkimus- ja mittausmenetelmiä täytyy edelleen kehittää. Kulutus- ja deformaatiokokeiden rinnalle täytyy löytää luotettavia kenttämittausmenetelmiä. Turun tiepiirin tavoitteena on selvittää deformaation, kulumisen ja pohjan painumisen suhde tiellä. Menetelmien kehittämisessä uran syntymisen muodostuminen on etusijalla.

Eräs menetelmä, jolla voidaan selvittää pohjan painumisen ja päällysteen kulumisen välistä suhdetta on poikkisahaus. Tätä varten on tiepiirin laboratorioon hankittu saha, jolla tiestä voidaan sahata poikittaisnäyte. Menetelmän ongelmana on sen hankaluus ja hitaus, verrattuna profiilometrillä suoritettuihin mittauksiin.

Toinen menetelmä, joka voidaan tehdä sahaamalla, on urasahaus. Siinä tiehen sahattu poikittaisura täytetään merkintämassalla. Uran syvyydet voivat olla esimerkiksi 5 mm, 10 mm, 15 mm ja 20 mm. Urat sahataan peräkkäin esim. metrin välein. Kun merkintämassa on kulunut jostain urasta pois, tiedetään melko tarkasti paljonko kulumisen osuus on tien urautumisesta. Tämä menetelmä huomioi siis melko hyvin myös pohjan painumisen ja deformatumisen.

Turun tiepiirin keskuslaboratorioon hankittiin syksyllä 1992 Tietura mittauslaite, jolla voidaan piiritasolla kätevästi mitata tien poikkipinta-alaa. Mittaustulokset tallentuvat laitteeseen, josta ne voidaan helposti purkaa tietokoneelle. Tietura ei korvaa muita mittausmenetelmiä, koska se ei ota huomioon pohjan painumista.

SRK-ennusteiden luotettavuus saadaan varmuudella tietää vasta, kun kenttämittausmenetelmät on kehitetty luotettaviksi ja tulokset ovat varmuudella ennakkotutkimusmenetel-

mien kanssa vertailukelpoisia. Kenttämittauksilla on tarkasti pystyttävä mittaamaan, paljonko on kulumisen osuus urautumisesta. Vasta silloin päästään täydelliseen päällystesuunnitteluun SRK:n avulla.

## 11 LÄHDELUETTELO

- /1/ Asfalttibetonin ja öljysoran suhteutus. 1986. Helsinki: Tie- ja vesirakennushallitus, rakennusosasto. 68 s.
- /2/ TIE 402, Asfalttimassan suhteutus Marshall-menetelmän mukaan. 1986. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. 7 s.
- /3/ Heikkilä, J. Asfalttimassan tiivistettävyyys. 1991. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Tie-, geo- ja liikennetekniikan laboratorio. 46 s. + liitt.
- /4/ Paakkinen, I. Asfaltin tutkimisesta ICT-laitteella. Savonlinna 1990. Kirjallinen ohje. 2 s.
- /5/ Asfalttipäällysteen kulutuskestävyyden mittaaminen, tutkimusselostus 651. 1988. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuslaitos, Tie- ja liikennelaboratorio. 18 s.
- /6/ TIE 406. Asfalttipäällyste, kuluminen. 1987. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. 5 s.
- /7/ TIE-menetelmät, Asfalttipäällysteiden testaus menetelmiä. 1979. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuslaitos, Tie- ja liikennelaboratorio, Tiedonanto 50.
- /8/ Asfalttipäällysteen muodonmuutoskestävyyden tutkiminen. Creep-laite. 1991. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuslaitos, Tie-, geo- ja liikennetekniikan laboratorio. Esite. 2 s.



- /9/ Jäppilä, Ville-Veikko. 1991. Masuunikuonan sovel-  
tuvuus asfalttipäällysteeseen. Turku: Turun tek-  
nillinen oppilaitos, Insinöörityö. 30 s.
- /10/ Tiivistysmenetelmät asfalttipäällysteen deformati-  
onisaltiliuden tutkimisessa. 1991. Espoo: Valtion  
teknillinen tutkimuslaitos, Tie-, geo- ja liik-  
netekniikan laboratorio. Kirjallisuustutkimus  
n:o 53. 28 s.
- /11/ Tielaitos. 1991. Päällystystyöt. Helsinki: Valti-  
on painatuskeskus. 45 s.
- /12/ Urautumisen tutkiminen urittumislaitteella. 1991.  
Espoo: Valtion teknillinen tutkimuslaitos, Tie-,  
geo- ja liikennetekniikan laboratorio. Esite.  
2 s.
- /13/ Aktivoidun fillerin päällystekokeilut 1989. 1990.  
Espoo: VTT, Tie-, geo- ja liikennetekniikan labo-  
ratorio, tutkimuslause 807. 31 s. + liitteet.

## 12 LIITELUETTELO

- 1 Kartta Vt 1:n koealueen sijainnista.
- 2 Kaaviokuva Vt 1:n koealueen massoista.
- 3-7 Vt 1:n koeosuuksien ohjearvolomakkeet.
- 8 Kartta Vt 10:n koealueen sijainnista.
- 9 Kaaviokuva Vt 10:n koealueen massoista.
- 10-17 Vt 10:n koeosuuksien ohjearvolomakkeet.
- 18 Kartta Kt 40:n koealueen sijainnista /9/.
- 19 Kaaviokuva käytetyistä kiviaineista Kt 40:llä /9/.
- 20 ART-päällysteen uuden ja vanhan pinnan SRK-vertailu Kt 40:llä ja Vt 9:llä.
- 21 Lisämässan vaikutus Remixer-päällysteessä SRK:lla tutkittuna.
- 22 P-CAD:n toimintaperiaate.
- 23 Asfalttipäällysteen vuosikustannusdiagrammi.
- 24 SPS-luvun laskukaava.







KAAVIOKUVA VT 1:N KOEALUEEN MASSOISTA.

LIITE 2

HELSINKI

KOEOSUUDET

TURKU

300 m

1

2

3

4

5

SMA 22/100

0-10 Koski	15%
10-16 Koski	30%
16-22 Koski	30%
Hk Tuomisto	15%
Kf	10%
B-80	6.3%
kuitu ARBOCELL	0.3%

SMA 22/100

0-10 Koski	15%
10-16 Koski	30%
16-22 Koski	30%
Hk Tuomisto	15%
Kf	10%
B-80	6.3%
kuitu RAIFIBER	0.3%

AB 22/100

0-10 Koski	15%
10-16 Koski	30%
16-22 Koski	30%
Hk Tuomisto	15%
Kf	10%
B-80	5.1%

AB 22/100

0-10 Koski	15%
10-16 Koski	30%
16-22 Koski	30%
Hk Tuomisto	15%
Kf	10%
KB-80	5.3%

AB 22/100

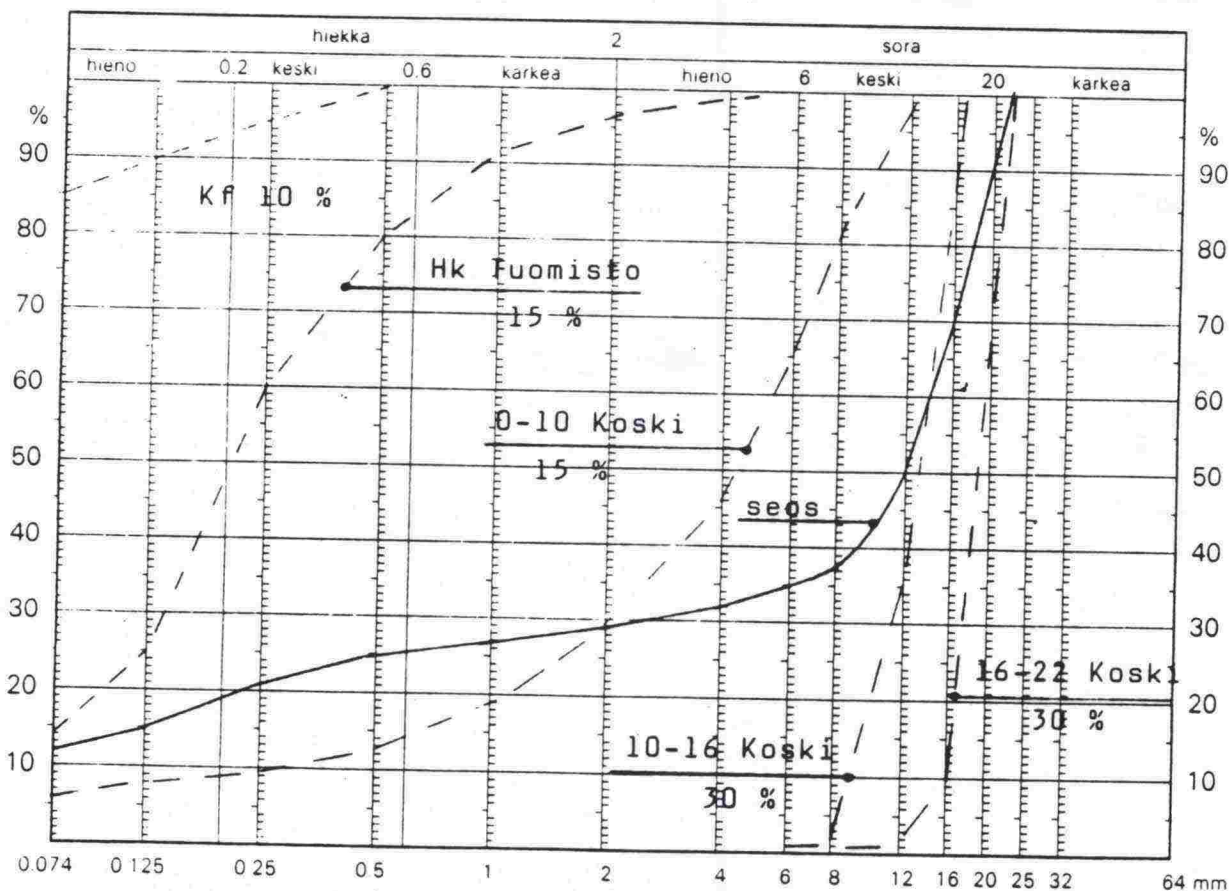
0-12 Lieto	69%
10-16 Koski	13%
16-22 Koski	12%
Kf	6%
KB-80	5.9%

80

Pvm 16.06.88

Puu	Tieosan nimi		
Turku 02	Vt 1, Piikkiö-Tammisilta, koeosuus 1.		
Urakka	Sekoitusasema		Tienno
II C/-88	Liedonkallio		1
Työn nro	Paalustetyyppi		Tieosan nro
161	SMA 22 / 100		30

Sideaineen laatu	% massan painosta	Seula	Lapaisy-%	Sallittu poikkeama
B-80	6,3	0.074 mm	12	+2
Täytejuuhen laatu	% kiviaineksen painosta	Seula	Lapaisy-%	Sallittu poikkeama
KF	10	0.5 mm	25	+4
Tartukseen laatu	% sideaineen painosta	Seula	Lapaisy-%	Sallittu poikkeama
-	-	Ø tai 4 mm	32	+5
Muu lisäaine	% painosta	Seula	Lapaisy-%	Sallittu poikkeama
Arbocell kuitu	massan 0,3	Ø tai 12 mm	51	+5

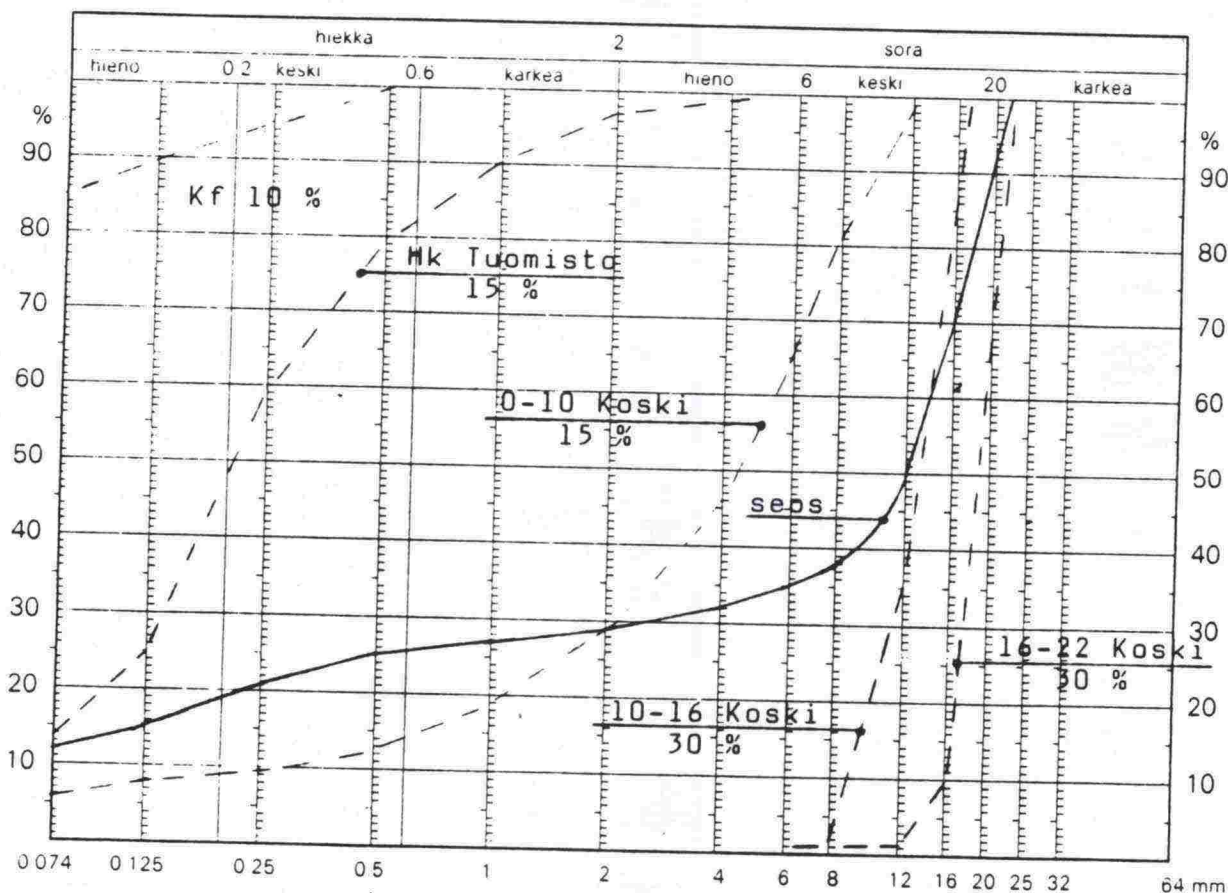


Huomautuksia

Pvm 16.06.88

Pituus	Tieosan nimi		
Turku 02	Vt 1, Piikkiö-Tammisilta, koeosuus 2.		
Luokka	Sekoitusasema	Tienno	
II C/-88	Liedonkallio	1	
Työn nro.	Paallystettyyppi	Tieosan nro	
161	SMA 22 /100	30	

Sideaineen laatu B-80	% massan painosta 6,3	Seula 0.074 mm	Lapaisu-% 12	Sallittu poikkeama ±2
Täyteaineen laatu Kf	% kiviaineksen painosta 10	Seula 0.5 mm	Lapaisu-% 25	Sallittu poikkeama ±4
Täytteen laatu -	% sideaineen painosta -	Seula 2 tai 4 mm	Lapaisu-% 32	Sallittu poikkeama ±5
Muu lisäaine Raifiber kuitu	% massan 0,3	Seula 8 tai 12 mm	Lapaisu-% 51	Sallittu poikkeama ±5



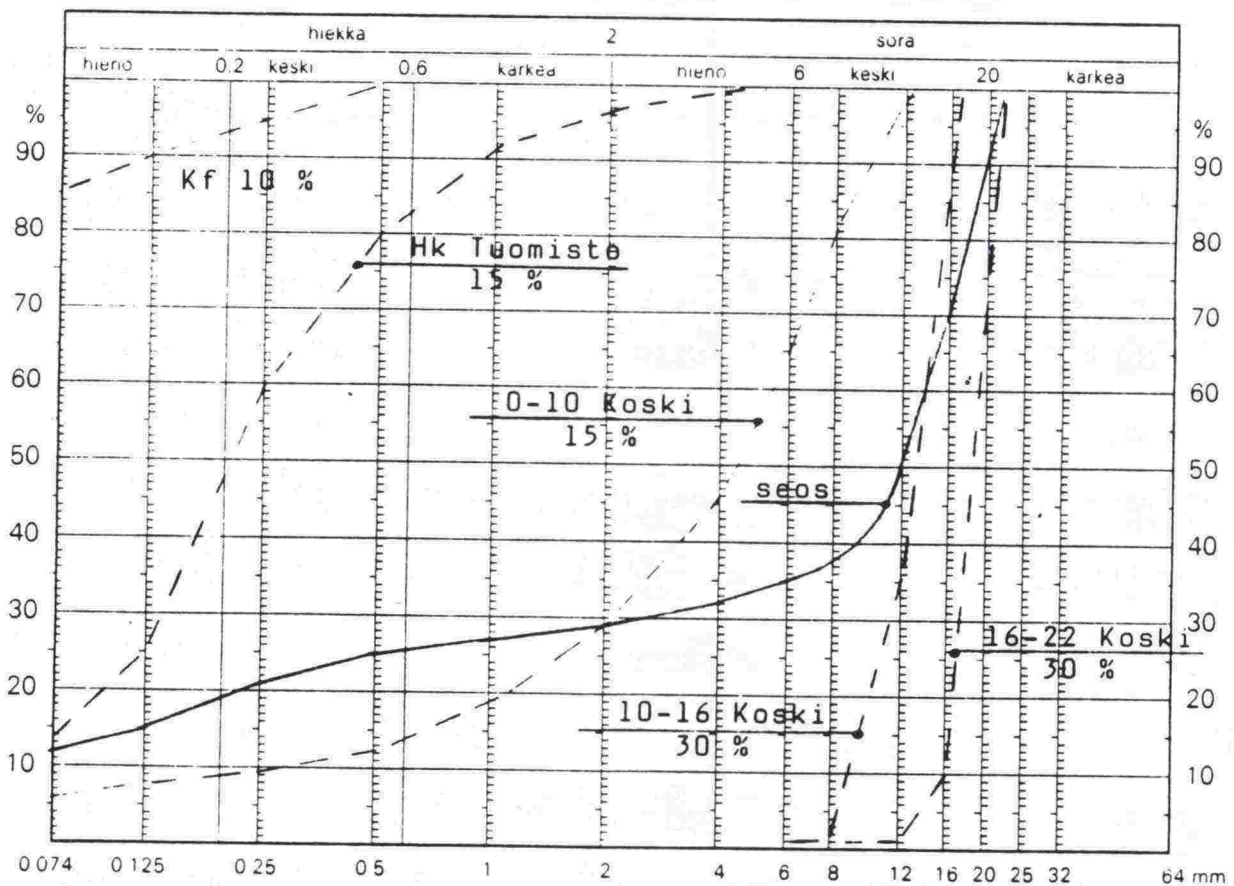
Huomautuksia



Pvm 16.06.88

Pitä	Turku 02	Tieosan nimi	Vt 1, Piikkiö-Tammisilta, koeosuus 3.	
Urakka	II C/-88	Sekoitusasema	Liedonkallio	Tiennro
				1
Työnohjaaja	161	Paällystetyyppi	AB 22 /100	Tiustalo nro
				30

Sideaineen laatu	B-80	% massan painosta	5,1	Seula	0.074 mm	Lapaisy-%	12	Sallittu poikkeama	±2
Täyteaineen laatu	KF	% kiviaineksen painosta	10	Seula	0.5 mm	Lapaisy-%	25	Sallittu poikkeama	±4
Tartutukseen laatu	-	% sideaineen painosta	-	Seula	2 tai 4 mm	Lapaisy-%	32	Sallittu poikkeama	±5
Muut lisäaine	-	% painosta	-	Seula	8 tai 12 mm	Lapaisy-%	51	Sallittu poikkeama	±5

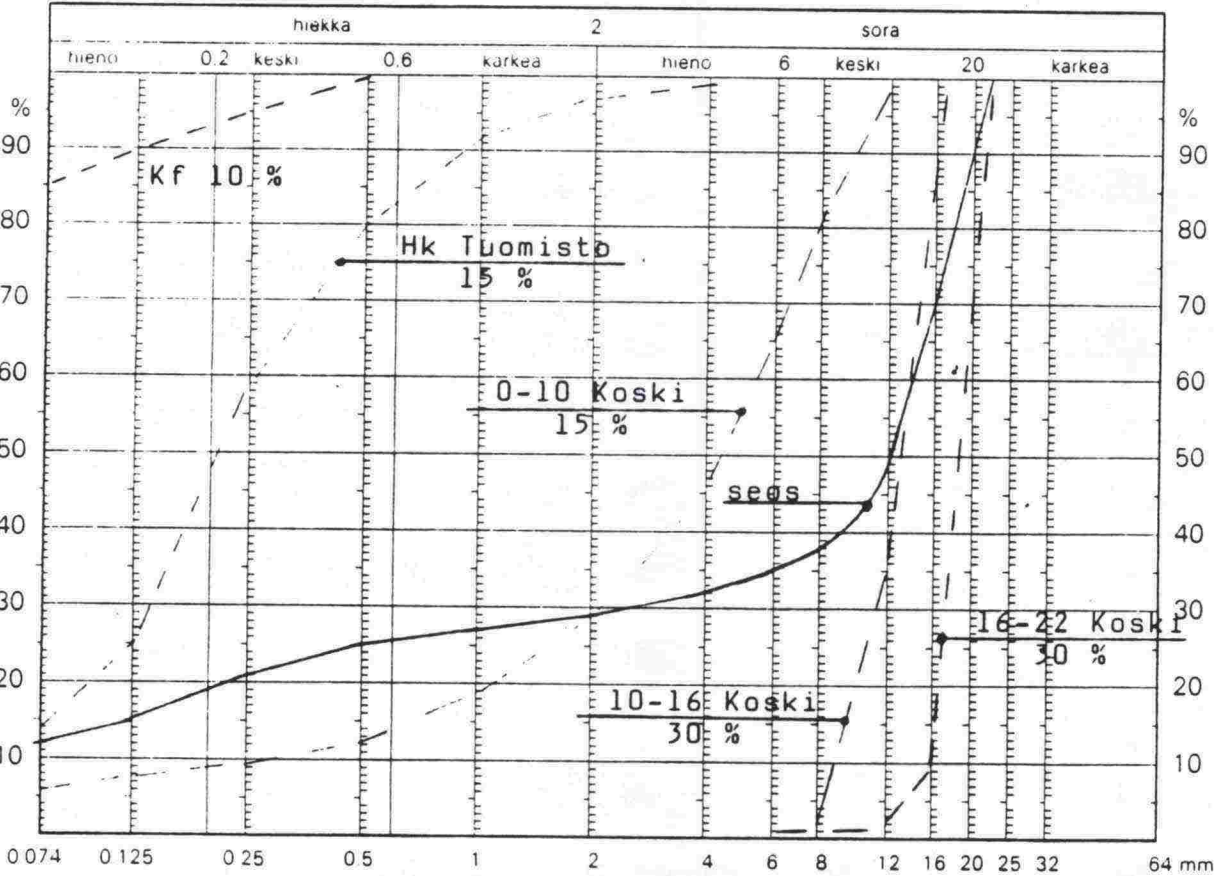


Huomautuksia

Pvm 16.06.88

Päivä	Turku 02			Tieosan nimi	Vt 1, Piikkiö-Tammisilta, koeosuus 4.	
Urakka	II c/-88			Sekoitusasema	Liedonkallio	Tiennro 1
Työn nro	161			Päällystetyyppi	AB 22 /100	Tieosan nro 30

Sideaineen laatu	KB-80	% massan painosta	5,3	Seula	0.074 mm	Lapaisy-%	12	Sallittu poikkeama	±2
Täytejuureen laatu	KF	% kiviaineksen painosta	10	Seula	0.5 mm	Lapaisy-%	25	Sallittu poikkeama	±4
Tartukkeen laatu	-	% sideaineen painosta	-	Seula	X <del>2</del> tai 4 mm	Lapaisy-%	32	Sallittu poikkeama	±5
Muu lisäaine	-	% painosta	-	Seula	X <del>8</del> tai 12 mm	Lapaisy-%	51	Sallittu poikkeama	±5

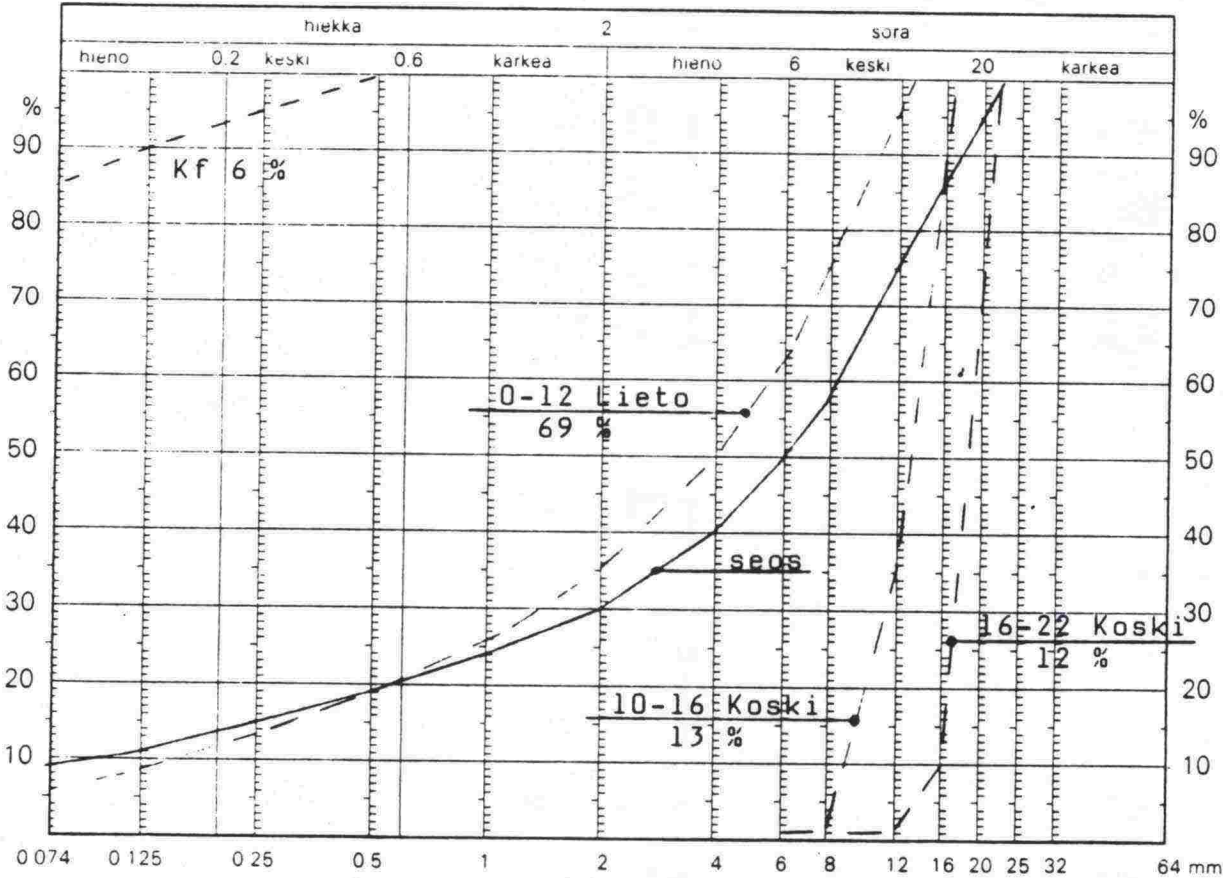


Huomautuksia

Pvm 16.06.88

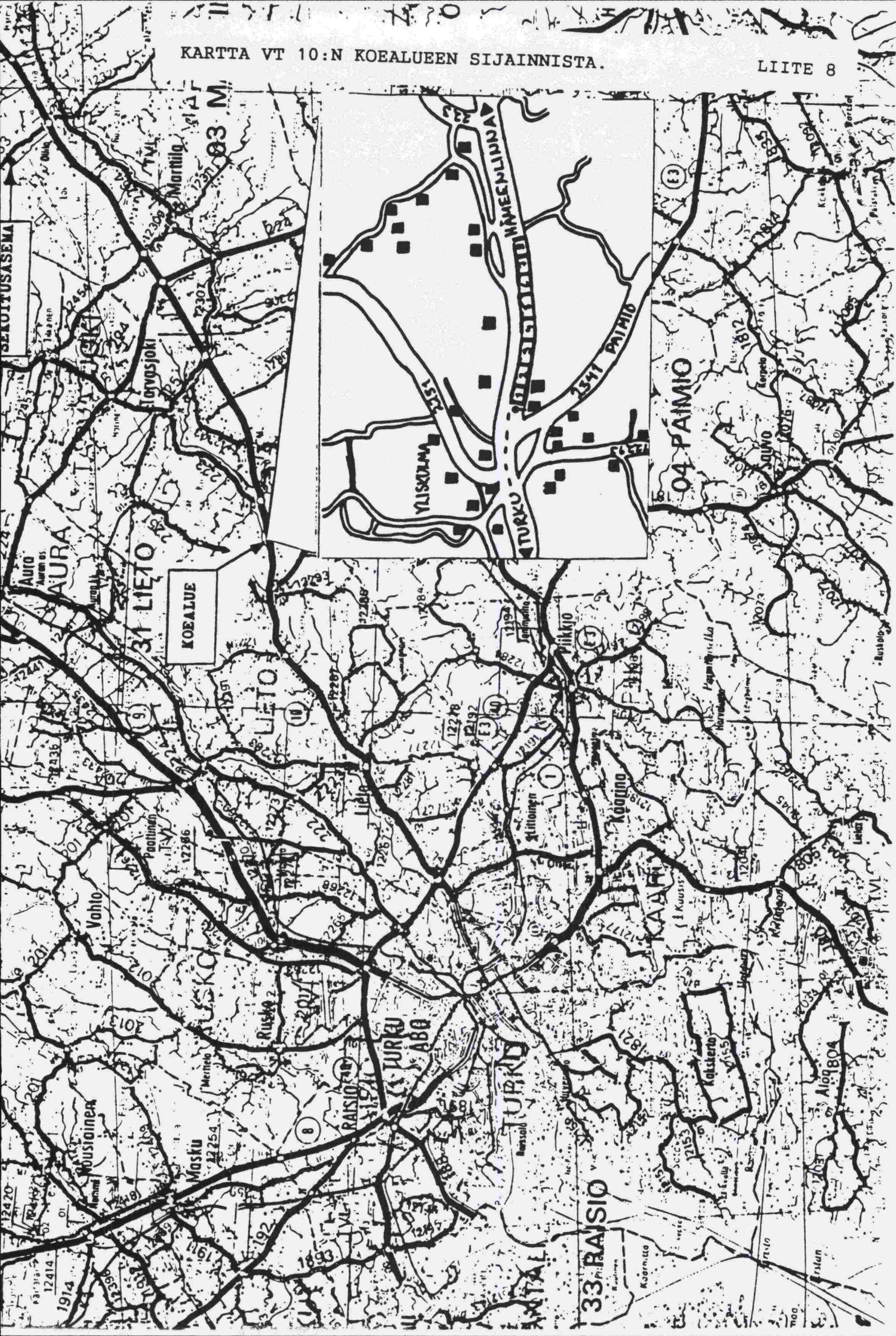
Paik.	Tieosan nimi		
Turku 02	Vt 1, Piikkiö-Tammisilta, koeosuus 5.(vertailu-		
Liikela	Sekoitusasema	Tienno	
II C/-88	Liedonkallio	osuus)	
Tien nro	Paalustetyyppi	Tieosan nro	
161	AB 22 /100	30	

Sideaineen laatu	% massan painosta	Seula	Lapaisy-%	Sallittu poikkeama
KB-80	5,9	0.074 mm	9	±2
Täytejuuhen laatu	% kivinäyksen painosta	Seula	Lapaisy-%	Sallittu poikkeama
KF	6	0.5 mm	19	±4
Jäntökeiden laatu	% sideaineen painosta	Seula	Lapaisy-%	Sallittu poikkeama
-	-	2 tai 4 mm	40	±5
Muu lisäaine	% painosta	Seula	Lapaisy-%	Sallittu poikkeama
-	-	8 tai 12 mm	76	±5



Huomautuksia







HÄMEENLINNA

300

8

AB 22/100

0-10 Koski	52%
10-16 Koski	21%
16-22 Koski	12%
Hk Hevonlinna	8%
Kf	7%
B-120 arkt.	5.4%

 AB 22/100  
jyrkkä

0-10 Koski	13%
10-16 Koski	32%
16-22 Koski	30%
Hk Kiikala	15%
Kf	10%
B-120 arkt.	5.0%

7

 AB 16/100  
jyrkkä

0-10 Koski	13%
10-16 Koski	62%
Hk Kiikala	15%
Kf	10%
B-120 arkt.	5.1%

6

AB 16/100

0- 6 Lieto	45%
6-12 Koski	15%
10-16 Koski	34%
Kf	6%
B-120 arkt.	5.7%

5

 AB 16/100  
+karkeutus

0-12 Lieto	80%
10-16 Koski	14%
Kf	6%
B-120 arkt.	6.2%

4

AB 22/100

0-12 Lieto	69%
10-16 Koski	12%
16-22 Koski	13%
Kf	6%
B-120 arkt.	5.7%

3

AB 22/100

0-12 Lieto	69%
12-16 Lieto	15%
16-22 Koski	10%
Kf	6%
B-120 arkt.	5.8%

2

AB 22/100

0-12 Lieto	69%
12-22 Lieto	25%
Kf	6%
B-120 arkt.	5.9%

1

KOEOSUUDET

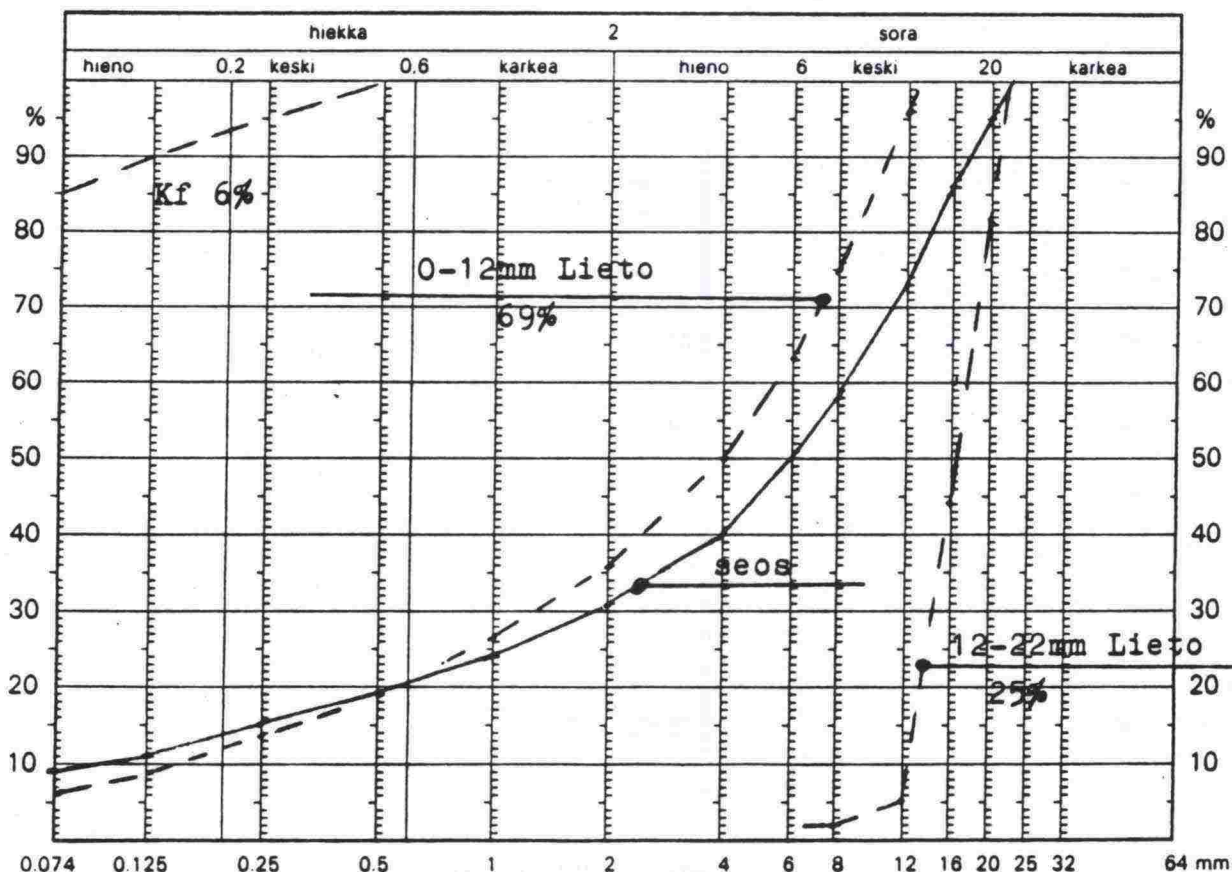
TURKU

100

Pvm 6.6 -88

Puri <b>Turku 02</b>	Tieosan nimi <b>Vt 10 Koetie osuus 1</b>	
Urakka <b>II D/-88</b>	Sekoitusasema <b>Ollila</b>	Tienno <b>10</b>
Tyon nro	Paalystettyyppi <b>AB 22/100</b>	Tieosan nro

Sideaineen laatu <b>B-120 arktinen</b>	% massan painosta <b>5,9</b>	Seula <b>0.074 mm</b>	Lepäisy-% <b>9</b>	Sallittu poikkeama <b>± 2</b>
Täytejuuhen laatu <b>Kf</b>	% kiviaineksen painosta <b>6</b>	Seula <b>0.5 mm</b>	Lepäisy-% <b>19</b>	Sallittu poikkeama <b>± 4</b>
Tarttuksen laatu <b>-</b>	% sideaineen painosta <b>-</b>	Seula <b>2 tai 4 mm</b>	Lepäisy-% <b>40</b>	Sallittu poikkeama <b>± 5</b>
Muu lisäaine <b>-</b>	% painosta <b>-</b>	Seula <b>8 tai 12 mm</b>	Lepäisy-% <b>73</b>	Sallittu poikkeama <b>± 5</b>



Huomautuksia

Allekirjoitus

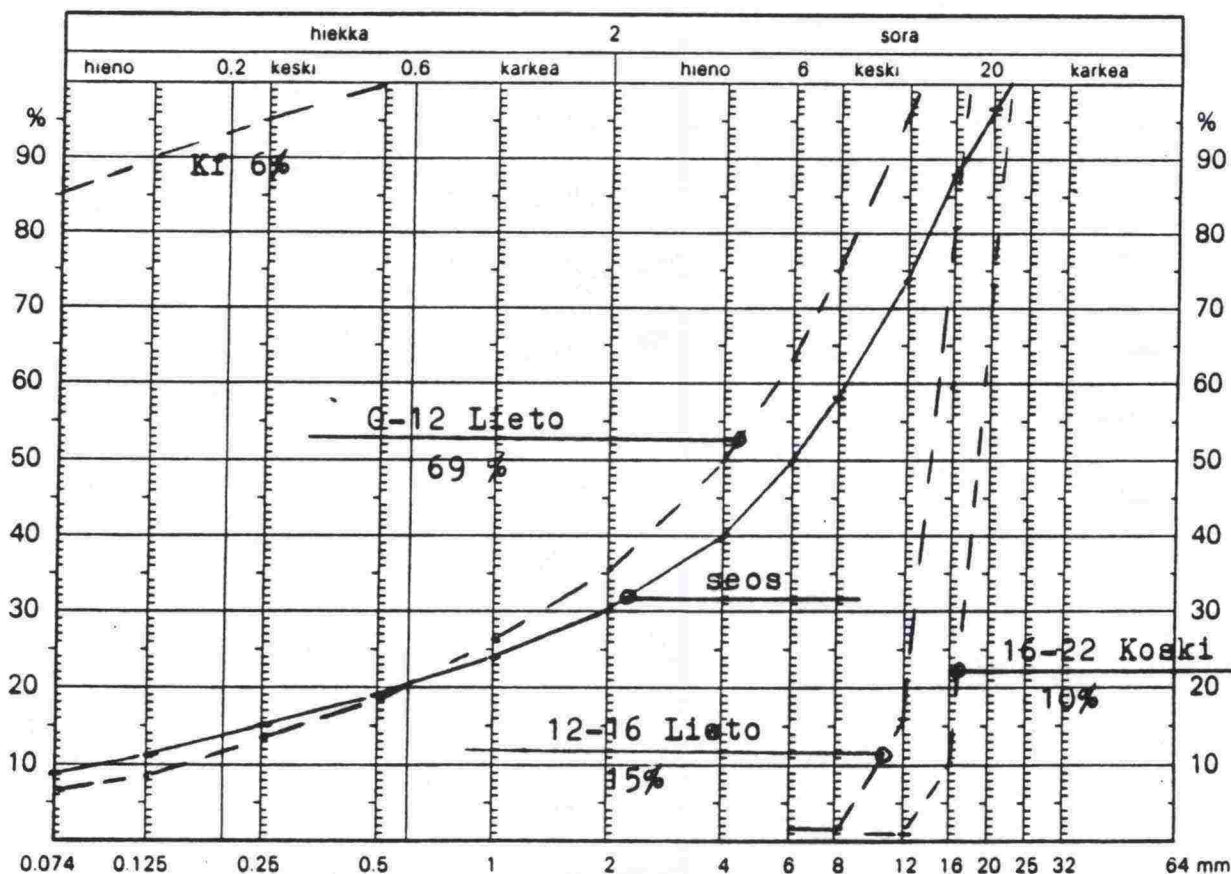
Maatutkimusins. E. Rauhala



Pvm 6.6 -88

Puuri <b>Turku 02</b>	Tieosan nimi <b>Vt 10 Koetie osuus 2</b>	
Urakka <b>II D/-88</b>	Sekoitusasema <b>Ollila</b>	Tiennro <b>10</b>
Työn nro	Paällystetyyppi <b>AB 22/100</b>	Tieosan nro

Sideaineen laatu <b>B-120 arktinen</b>	% massan painosta <b>5,8</b>	Seula <b>0.074 mm</b>	Lapaisy-% <b>9</b>	Sallittu poikkeama <b>± 2</b>
Täytejuuhen laatu <b>Kf</b>	% kiviaineksen painosta <b>6</b>	Seula <b>0.5 mm</b>	Lapaisy-% <b>19</b>	Sallittu poikkeama <b>± 4</b>
Tartukkeen laatu <b>-</b>	% sideaineen painosta <b>-</b>	Seula <b>2 tai 4 mm</b>	Lapaisy-% <b>40</b>	Sallittu poikkeama <b>± 5</b>
Muu lisäaine <b>-</b>	% painosta <b>-</b>	Seula <b>8 tai 12 mm</b>	Lapaisy-% <b>74</b>	Sallittu poikkeama <b>± 5</b>



Huomautuksia

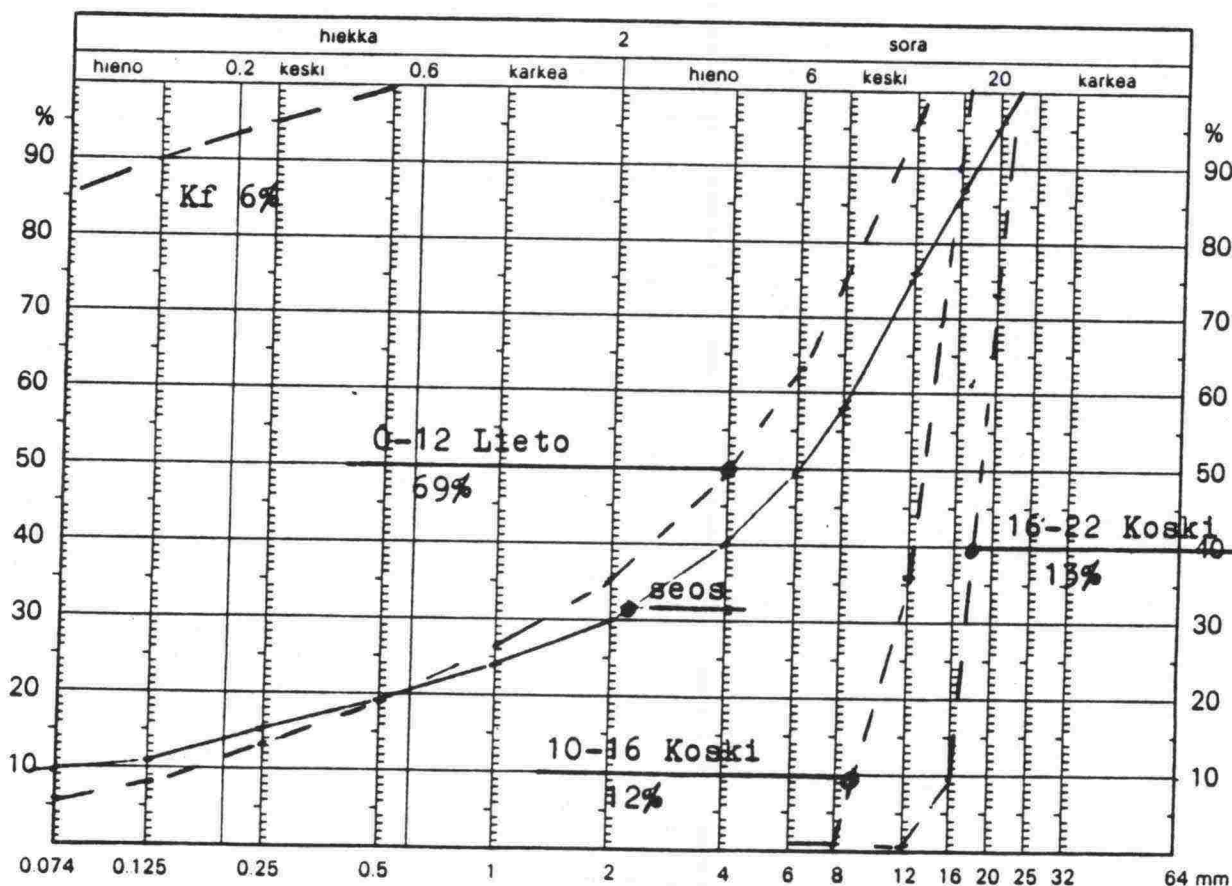
Allekirjoitus

Maatutkimusins. E. Rauhala

Pvm 6.6 -88

Puuri	Turku 02		Tieosan nimi	Vt 10 Koetie, osuu 3	
Ureikka	II D/-88		Sekoitusasema	Ollila	Tienno 10
Työn nro			Paallistetyyppi	AB 22/100	Tieosan nro

Sideaineen laatu	% massan painosta	Seula	Lapaisy-%	Sallittu poikkeama
B-120 arktinen	5,7	0.074 mm	9	± 2
Täytejuuhen laatu	% kiviaineksen painosta	Seula	Lapaisy-%	Sallittu poikkeama
Kf	6	0.5 mm	19	± 4
Tartukkeen laatu	% sideaineen painosta	Seula	Lapaisy-%	Sallittu poikkeama
-	-	2 tai 4 mm	40	± 5
Muu lisäaine	% painosta	Seula	Lapaisy-%	Sallittu poikkeama
-	-	8 tai 12 mm	76	± 5

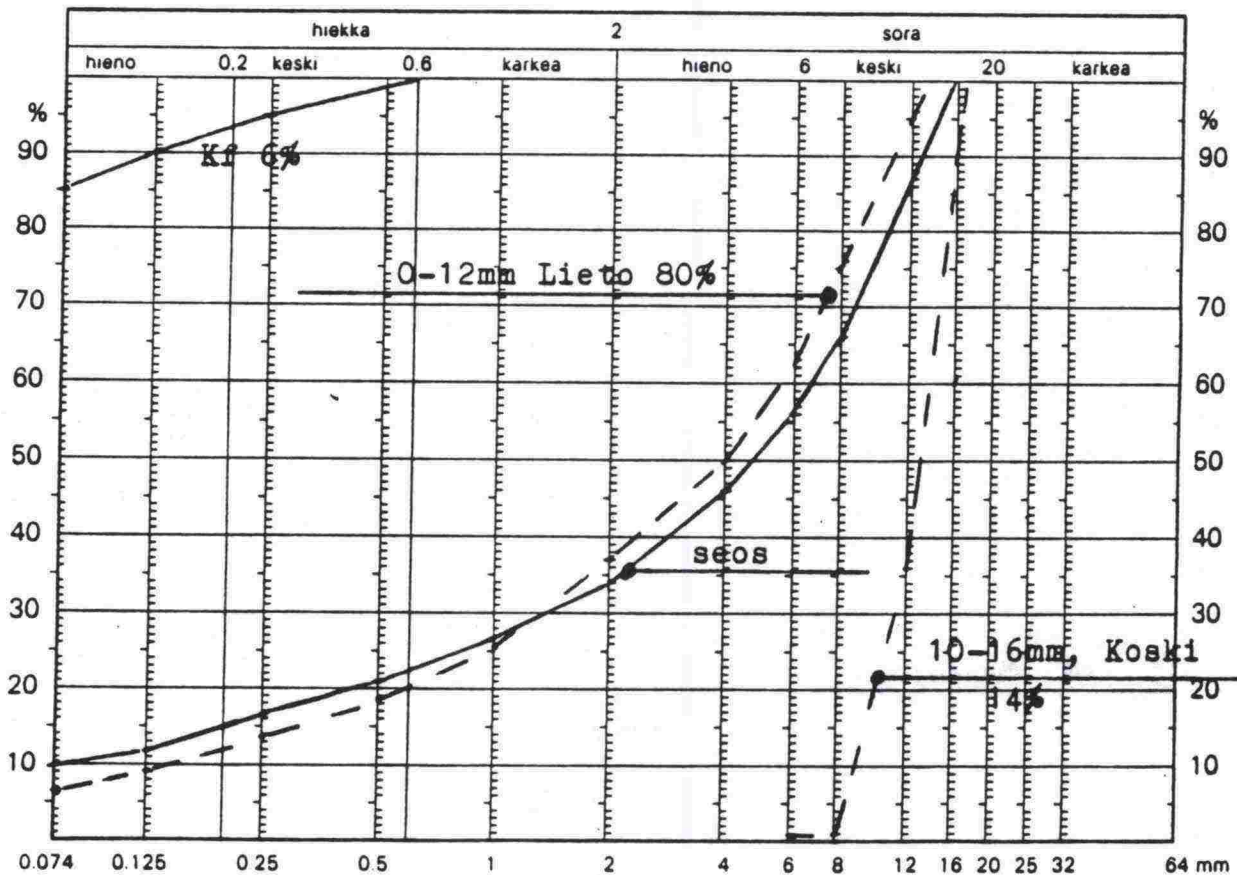


Huomautuksia

Pvm 10.8 -88

Piiri <b>Turku 02</b>	Tieman nimi <b>VT 10, koealue, osuus 4</b>	
Urakka <b>II D/-88</b>	Sekoitusasema <b>Ollila, Marttila</b>	Tiennro <b>10</b>
Tyon nro	Paallistetyyppi <b>AB 16 + karkeutus</b>	Tieman nro

Sideaineen laatu <b>B-120 arktinen</b>	% massan painosta <b>6,2</b>	Seula <b>0.074 mm</b>	Lapaisy-% <b>10</b>	Sallittu poikkeama <b>± 2</b>
Täytejuuhen laatu <b>Kf</b>	% kiviaineksen painosta <b>6</b>	Seula <b>0.5 mm</b>	Lapaisy-% <b>21</b>	Sallittu poikkeama <b>± 4</b>
Tartukkeen laatu <b>-</b>	% sideaineen painosta <b>-</b>	Seula <b>2 tai 4 mm</b>	Lapaisy-% <b>34</b>	Sallittu poikkeama <b>± 5</b>
Muu lisäaine <b>-</b>	% painosta <b>-</b>	Seula <b>8 tai 12 mm</b>	Lapaisy-% <b>66</b>	Sallittu poikkeama <b>± 5</b>



Huomautuksia

Allekirjoitus

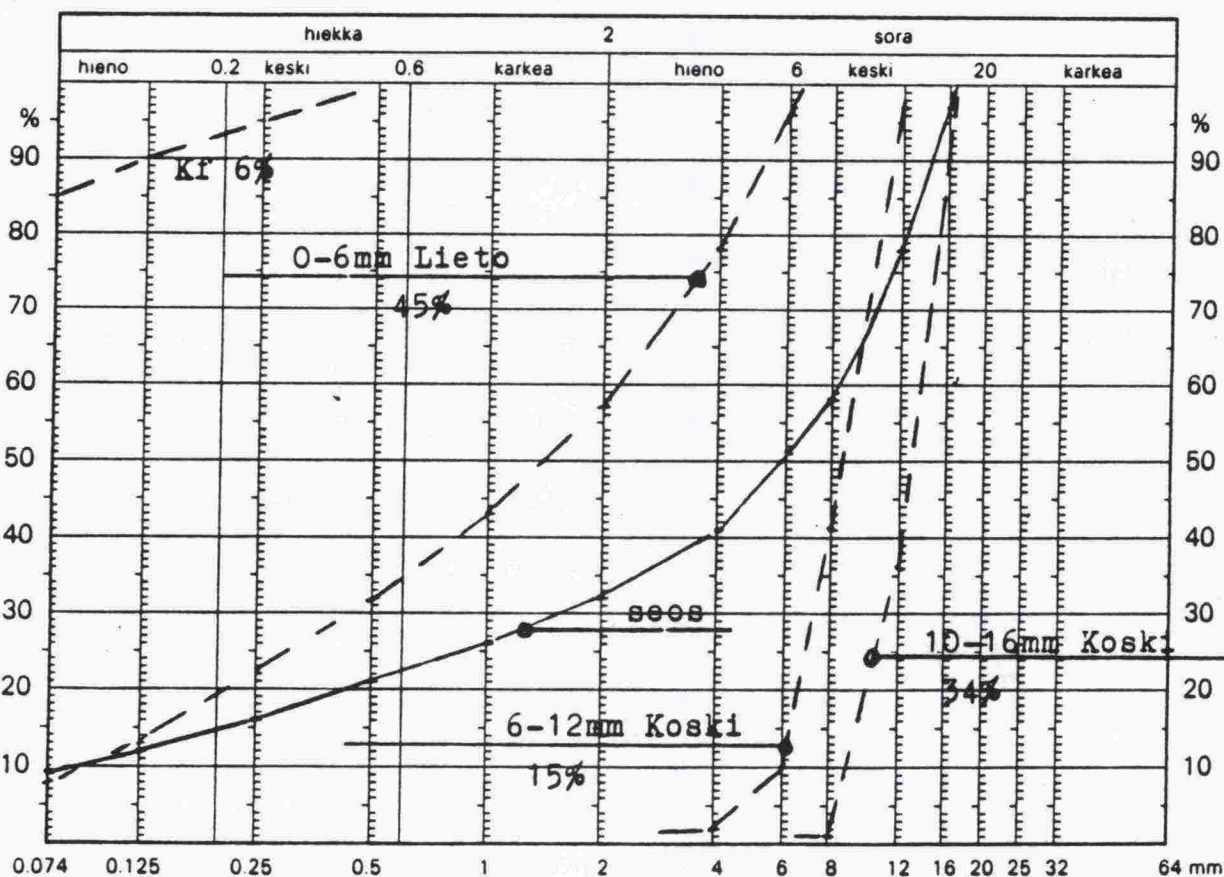
Maatutkimusins. E. Rauhala



Pvm 12.7 -88

Puuri Turku 02	Tieosan nimi Vt 10 Koetie, osuus 5	
Urakka II D/-88	Sekoitusasema Ollila, Marttila	Tienno 10
Tyon nro	Paalustetyyppi AB 16	Tieosan nro

Sideaineen laatu B-120 arktinen	% massan painosta 5,7	Seula 0.074 mm	Lapaisy-% 9	Sallittu poikkeama $\pm 2$
Taytejuuhen laatu Kf	% kiviaineksen painosta 6	Seula 0.5 mm	Lapaisy-% 21	Sallittu poikkeama $\pm 4$
Tartukseen laatu -	% sideaineen painosta -	Seula 2 tai 4 mm	Lapaisy-% 32	Sallittu poikkeama $\pm 5$
Muu lisäaine -	% painosta -	Seula 8 tai 12 mm	Lapaisy-% 58	Sallittu poikkeama $\pm 5$



Huomautuksia

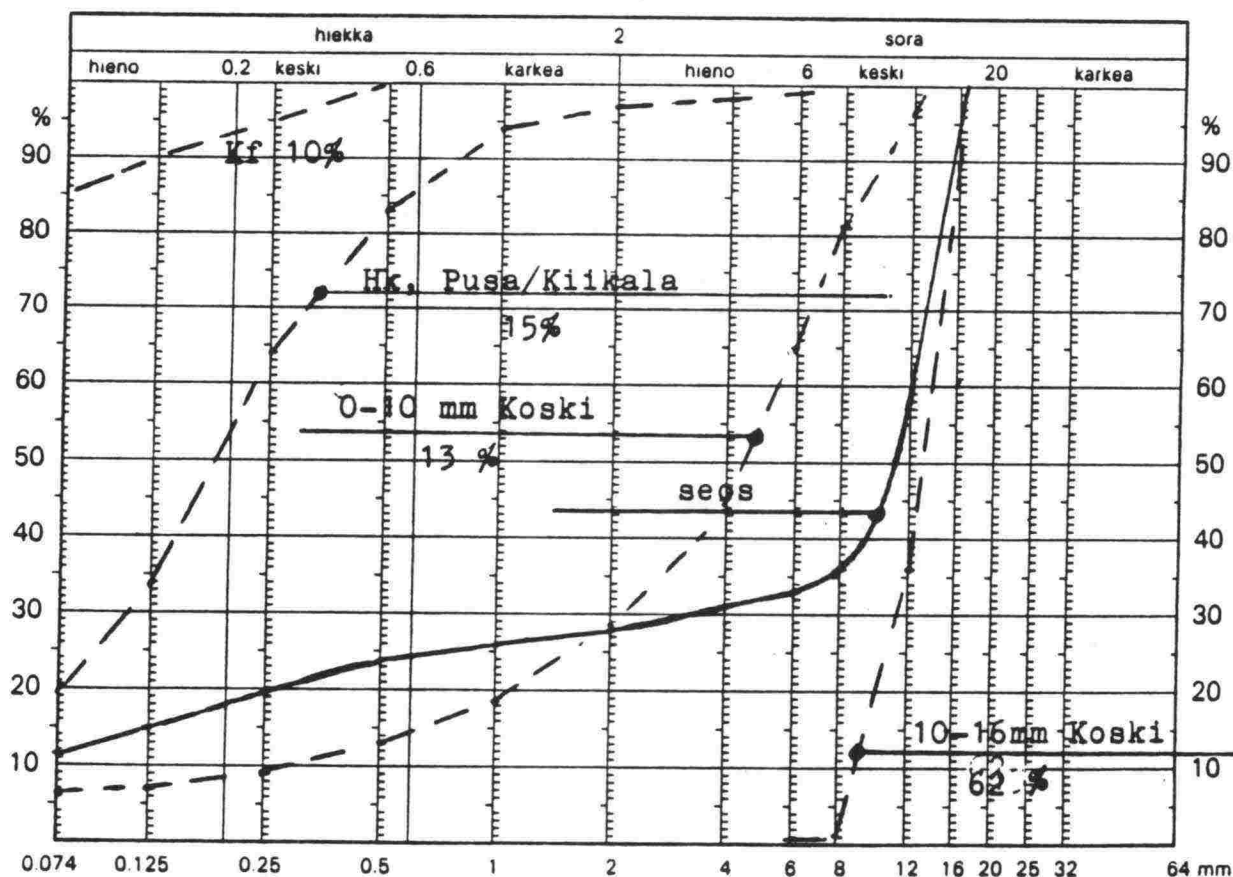
Allekirjoitus

Maatutkimusins. E. Rauhala

Pvm 13.7 -88

Puuri	Tieosan nimi	
Turku 02	V <sub>t</sub> 10 koealue, osuus 6	
Urakka	Sekoitusasema	Tienno
II D/-88	Ollila, Marttila	10
Tyon nro	Paallistetyyppi	Tieosan nro
	AB 16 jyrkkä	

Sideaineen laatu	% massan painosta	Seula	Lapaisy-%	Sallittu poikkeama
B-120 arktinen	5,1	0.074 mm	12	± 2
Täytejuuhen laatu	% kiviaineksen painosta	Seula	Lapaisy-%	Sallittu poikkeama
Kf	10	0.5 mm	24	± 4
Täritukseen laatu	% sideaineen painosta	Seula	Lapaisy-%	Sallittu poikkeama
-	-	2 tai 4 mm	28	± 5
Muu lisäaine	% painosta	Seula	Lapaisy-%	Sallittu poikkeama
-	-	8 tai 12 mm	36	± 5



Huomautuksia

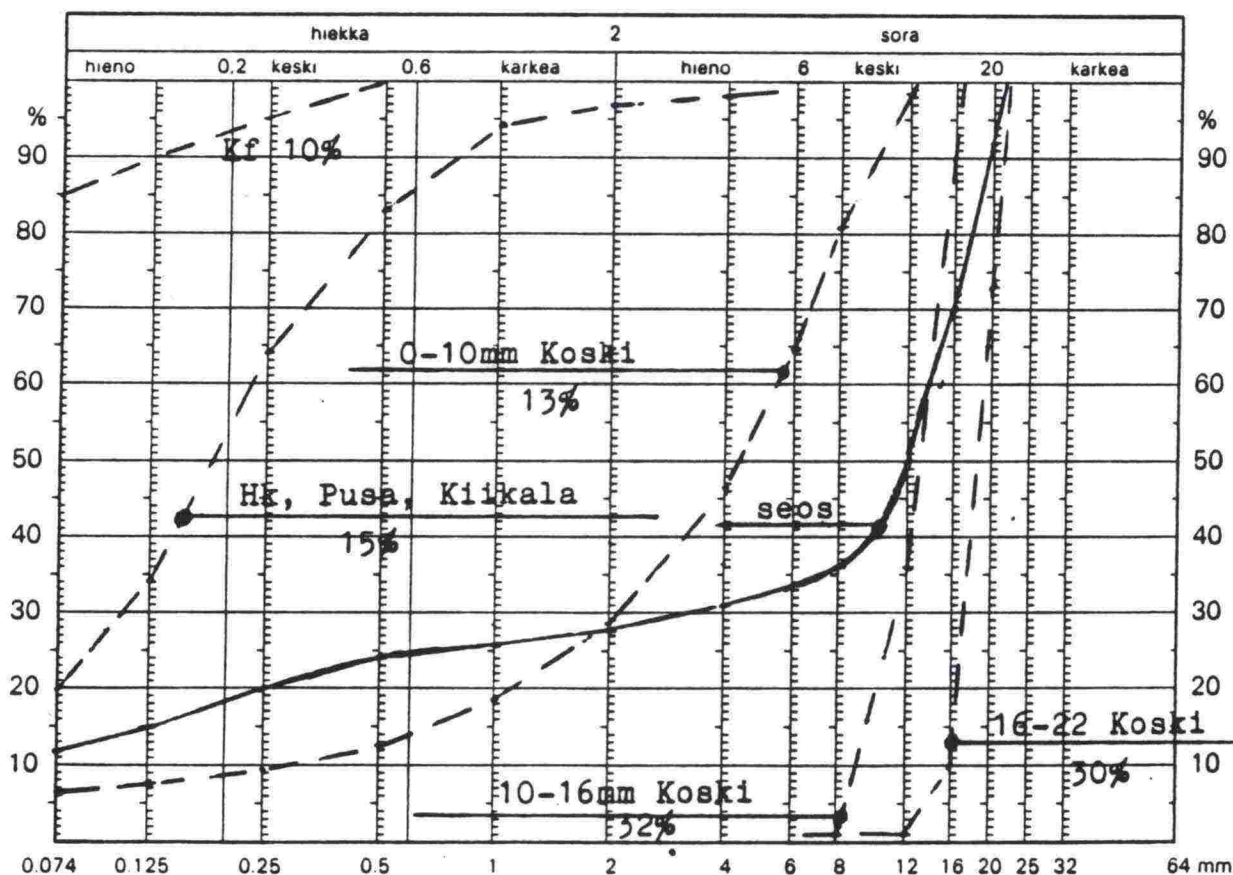
Allekirjoitus

Maatutkimusins. E. Rauhala

Pvm 14.7 -88

Piiri Turku 02	Tieosan nimi Vt 10, koealue, osuus 7	
Urakka II D/-88	Sekoitusasema Ollila, Marttila	Tienno 10
Tyon nro	Paalilystettyyppi AB 22 jyrkkä	Tieosan nro

Sideaineen laatu B-120 arktinen	% massan painosta 5,0	Seula 0.074 mm	Lapaisy-% 12	Sallittu poikkeama ± 2
Täytejuuhen laatu Kf	% kiviaineksen painosta 10	Seula 0.5 mm	Lapaisy-% 24	Sallittu poikkeama ± 4
Tertukkeen laatu -	% sideaineen painosta -	Seula 2 tai 4 mm	Lapaisy-% 31	Sallittu poikkeama ± 5
Muu lisäaine -	% painosta -	Seula 8 tai 12 mm	Lapaisy-% 50	Sallittu poikkeama ± 5



Huomautuksia

Allekirjoitus

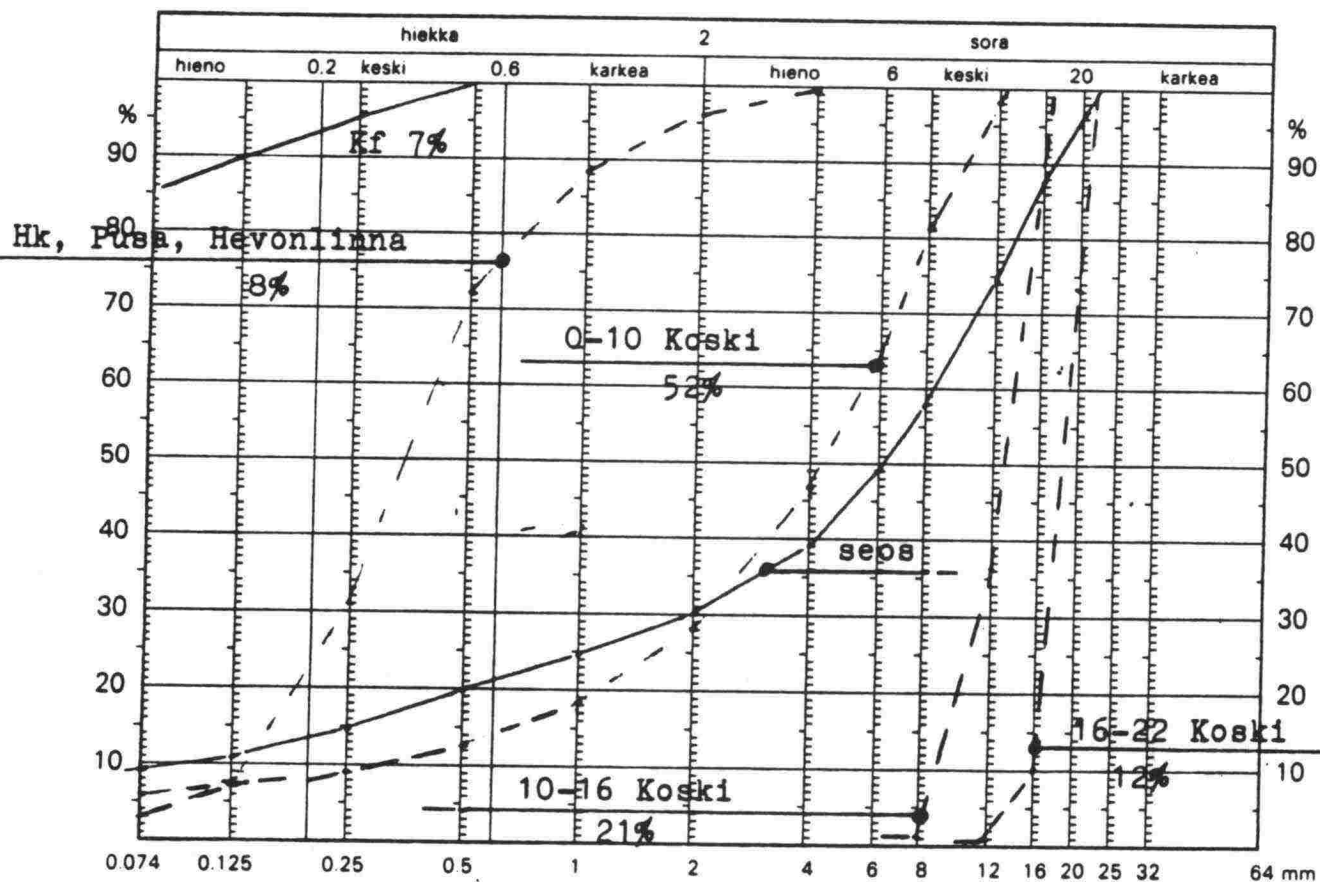
Maatutkimusins. E. Rauhala



Pvm 6.6 -88

Piiri Turku 02	Tieosan nimi Vt 10 Koetie, osuus 8	
Urakka II D/-88	Sekoitusasema Ollila	Tienno 10
Työn nro	Päällystetyyppi AB 22	Tieosan nro

Sideaineen laatu B-120 arktinen	% massan painosta 5,4	Seula 0.074 mm	Läpäisy-% 9	Sallittu poikkeama ± 2
Täytejuuhen laatu Kf	% kiviaineksen painosta 7	Seula 0.5 mm	Läpäisy-% 20	Sallittu poikkeama ± 4
Tartukkeen laatu -	% sideaineen painosta -	Seula 30 tai 4 mm	Läpäisy-% 39	Sallittu poikkeama ± 5
Muu lisäaine -	% painosta -	Seula 8 tai 12 mm	Läpäisy-% 74	Sallittu poikkeama ± 5

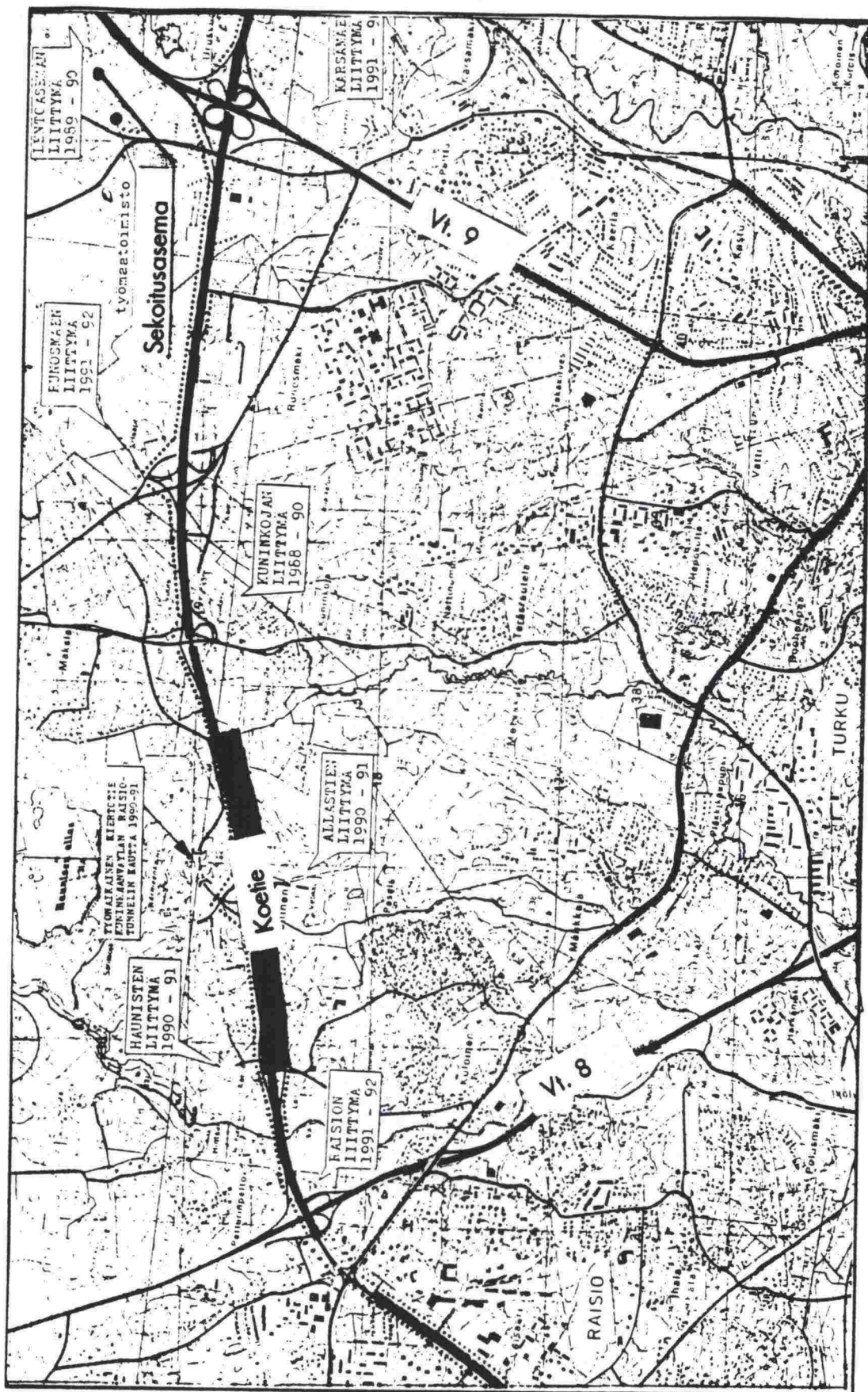


Huomautuksia

Allekirjoitus

Maatutkimusins. E. Rauhala





# PIIKKIÖ

PL 2881  
KOEOSUUS VI  
ABE 12  
Koski 0-6 10%  
Koski 6-12 55%  
Koski 12-16 13%  
Hiekka 13%  
Kaikkifilleri 9%  
Bitumi B-80 5.1%

PL 2450  
PL 2400  
KOEOSUUS VII (III)  
AB 16 (vertailu)

PL 2240

PL 2240  
KOEOSUUS VIII  
ABE 16  
Koski 0-6 10%  
Koski 6-12 20%  
Koski 12-16 48%  
Hiekka 13%  
Kaikkifilleri 9%  
Bitumi B-80 5.1%

PL 1946

KOEOSUUS V PL 2804  
SMA 16  
Tornio 0-3 10%  
Tornio 0-6 15%  
Tornio 6-12 22%  
Tornio 12-16 44%  
Kaikkifilleri 9%  
Bitumi B-80 5.5%

PL 2485

KOEOSUUS IV PL 2485  
SMA 16  
Hiekka 5%  
Lentok. 0-6 19%  
Tornio 6-12 22%  
Tornio 12-16 44%  
Kaikkifilleri 10%  
Bitumi B-80 5.7%

PL 2143

KOEOSUUS III PL 2143  
AB 16 (vertailu)  
Lentok. 0-6 53%  
Koski 6-12 19%  
Koski 12-16 22%  
Kaikkifilleri 6%  
Bitumi B-80 5.8%

PL 2000

KOEOSUUS III PL 1907  
AB 16 (vertailu)

PL 1609

KOEOSUUS I PL 1609  
SMA 16

PL 1568

KOEOSUUS II PL 1568  
SMA 16  
Tornio 0-3 10%  
Tornio 0-6 15%  
Tornio 6-12 22%  
Tornio 12-16 44%  
Kuonafilleri 9%  
Bitumi B-80 5.7%

PL 1208

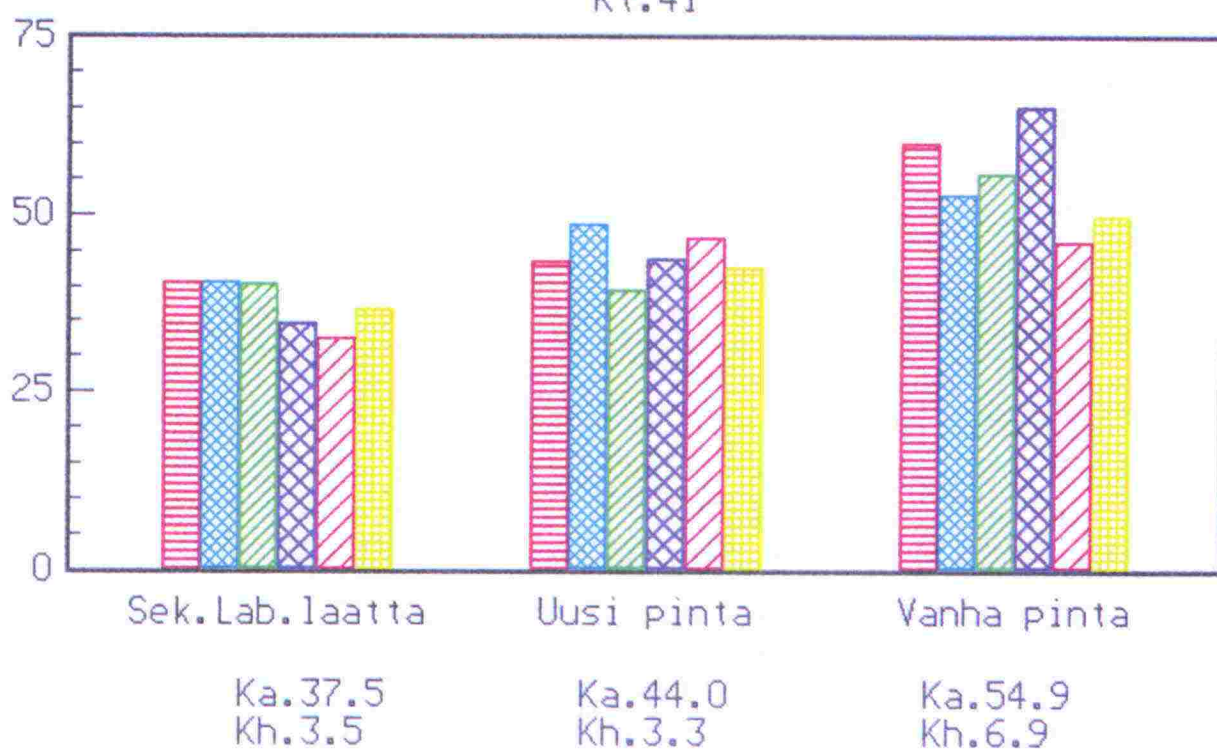
KOEOSUUS I PL 1115  
SMA 16  
Raashe 0-2 15%  
Raashe 2-6 10%  
Raashe 6-12 22%  
Raashe 12-16 44%  
Kuonafilleri 9%  
Bitumi B-80 5.7%

PL 748

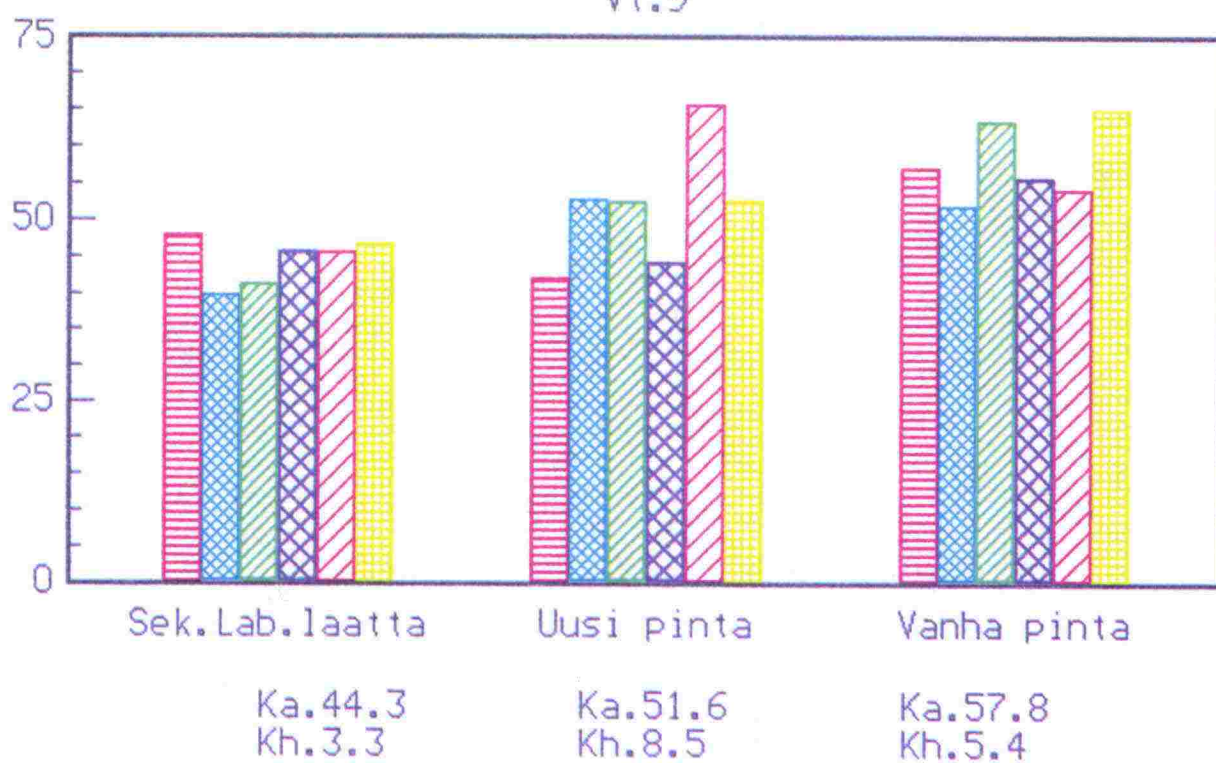
# RAISIO

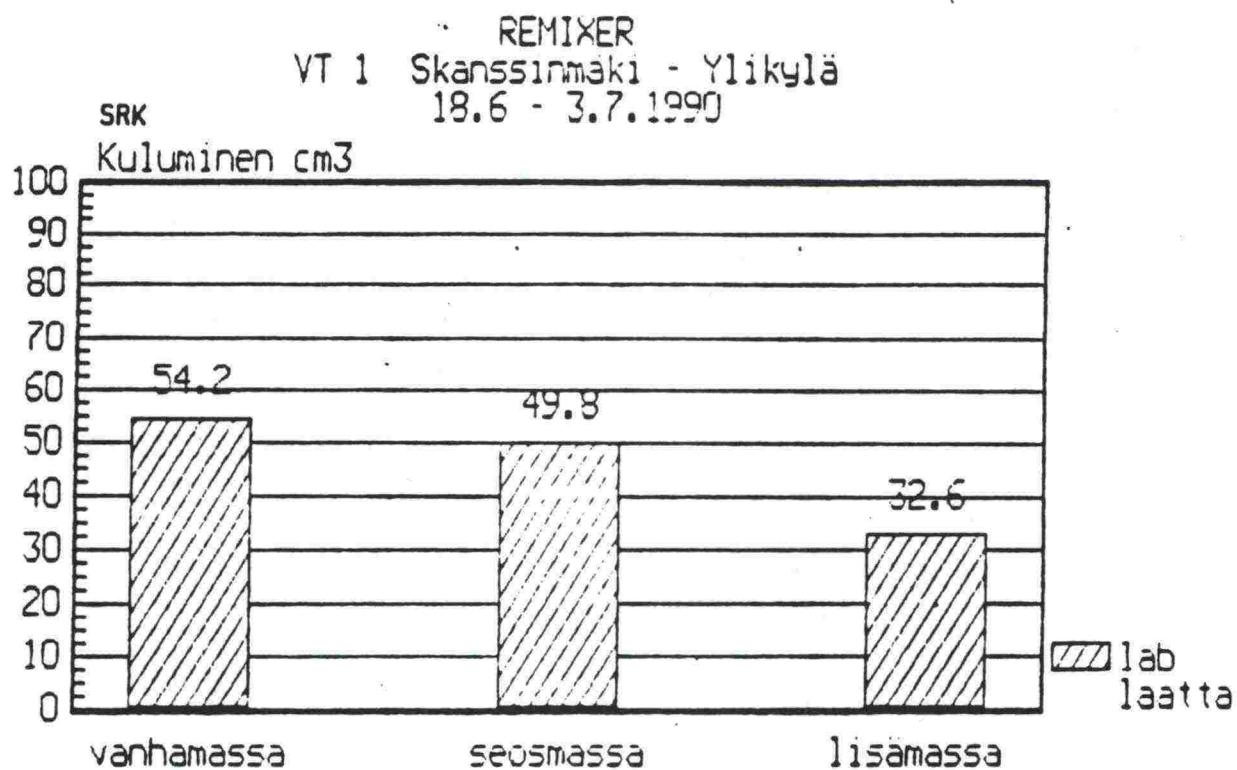


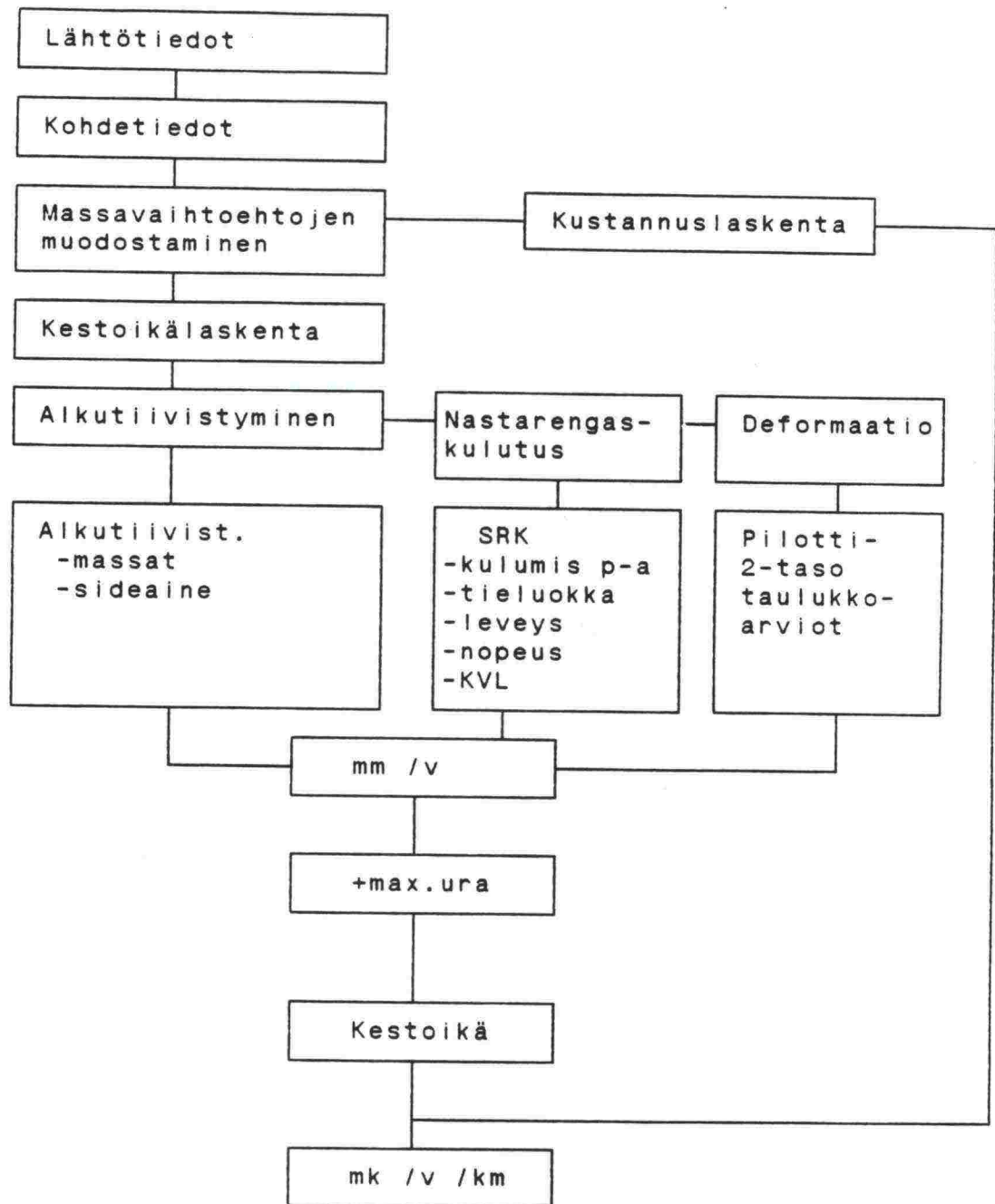
ART-91  
Kt.41



ART-91  
Vt.9



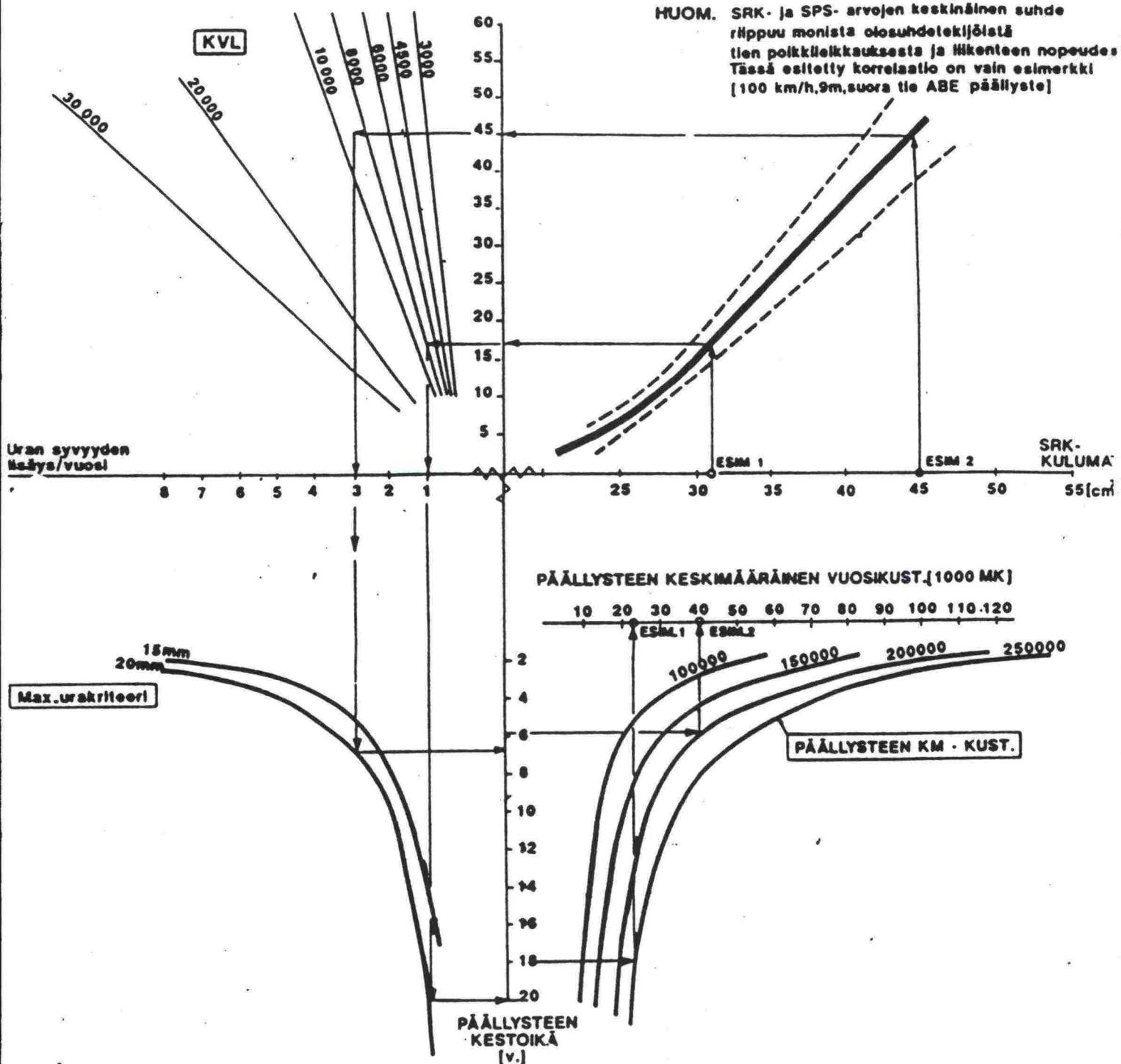


PÄÄLLYSTE-CAD



SPS-LUKU  
[g/ajon./km]

HUOM. SRK- ja SPS- arvojen keskinäinen suhde  
riippuu monista olosuhdetekijöistä  
tien poikkileikkauksesta ja liikenteen nopeudesta.  
Tässä esitetty korrelaatio on vain esimerkki  
[100 km/h, 9m, suora tie ABE päällyste]



HUOM. DIAGRAMMIN KESTOIKÄARVIO OTTAA HUOMIOON VAIN  
NASTARENGASKULUMISEN JA DEFORMAATION.  
TYÖVIRHEITTEN, VANHENEMISEN JA KANTAVUUSVAURIOITTEN KESTO-  
IKÄÄ LYHENTÄVÄ VAIKUTUS OTETAAN VUOSIKUSTAN-  
NUKSISSA HUOMIOON LYHENTÄMÄLLÄ ALLE 10v  
KESTOIKÄARVIOITA 1 VUODELLA JA YLI 10v  
KESTOIKÄARVIOITA 2 VUODELLA.